

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
MÁSTER DE PREHISTORIA Y ARQUEOLOGÍA
CURSO 2017/2018

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER



**ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS
PIGMENTOS DE LA CUEVA DE LA FUENTE
DEL SALÍN (MUÑORRODERO, CANTABRIA):
UNA APROXIMACIÓN DESDE LA
ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL**

Alumna: Sara Alonso Gutiérrez

Director: Diego Gárate Maidagan

Codirector: David Cuenca Solana

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	5
RESUMEN - ABSTRACT.....	6
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS.....	11
III. EL ESTUDIO DE LOS COLORANTES DEL ARTE RUPESTRE DURANTE EL PALEOLÍTICO SUPERIOR.....	13
1. Definición conceptual.....	13
2. La cadena operativa.....	19
3. El uso de los colorantes por los grupos humanos.....	21
<i>3.1 Los orígenes.....</i>	<i>21</i>
<i>3.2 La composición de los colorantes de las representaciones gráficas parietales.....</i>	<i>22</i>
<i>3.2.1 Técnicas de análisis de composición de los colorantes empleados en las representaciones gráficas parietales.....</i>	<i>23</i>
<i>3.2.2 Algunos ejemplos de análisis de composición de las representaciones gráficas parietales del área franco- ibérica.....</i>	<i>24</i>
<i>3.2.3 La composición de los pigmentos para la realización de las representaciones gráficas a través de la Etnografía.....</i>	<i>26</i>
<i>3.2.4 La Arqueología Experimental y el estudio del arte parietal.....</i>	<i>27</i>
IV. LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS PARIETALES DE LA CUEVA DE LA FUENTE DEL SALÍN.....	29
1. El Gravetiense: características generales.....	29
<i>1.1 Evolución del término “Gravetiense”</i>	<i>29</i>
<i>1.2 El contexto paleoambiental durante el periodo de ocupación de la Fuente del Salín.....</i>	<i>33</i>
2. Localización y contexto geográfico.....	34
3. Características del contexto arqueológico.....	37
4. Las representaciones pictóricas: descripción y técnicas de elaboración.....	39
V. MATERIAL Y MÉTODO.....	45
1. Análisis mediante espectroscopia Raman.....	48
<i>1.1 Análisis del material arqueológico.....</i>	<i>49</i>
<i>1.2 Análisis de las representaciones gráficas parietales.....</i>	<i>50</i>
2. Experimentación analítica.....	51
<i>2.1 Procedencia y características del ocre empleado para llevar a cabo el programa experimental.....</i>	<i>51</i>
<i>2.2 Protocolo experimental.....</i>	<i>54</i>

	2.2.1 Variables no modificables.....	55
	2.2.2 Variables modificables.....	55
VI.	RESULTADOS.....	61
	1. Análisis mediante espectroscopia Raman.....	61
	1.1 Análisis del material arqueológico.....	61
	1.1.1 Fragmentos de ocre.....	61
	1.1.2 Bloque de caliza.....	64
	1.1.3 Fragmento de pared.....	67
	2. Resultados de la experimentación analítica.....	68
	2.1 Percusión.....	76
	2.2 Raspado.....	78
	2.2.1 Raspado mediante lasca de sílex.....	78
	2.2.2 Raspado mediante lasca de cuarcita.....	80
	2.2.3 Raspado mediante concha de Patella.....	81
	2.3 Decantado.....	83
	2.3.1 Decantado tras percusión.....	84
	2.3.2 Decantado tras raspado.....	85
	3. Resultados de los análisis colorimétricos y granulométricos del material arqueológico.....	87
	3.1 Colorimetría del material arqueológico.....	87
	3.1.1 Los fragmentos de ocre recuperados durante la intervención arqueológica.....	87
	3.1.2 El bloque de caliza recuperado durante la intervención arqueológica.....	89
	3.1.3 Fragmento de pared recuperado durante la intervención arqueológica.....	90
	3.2 Granulometría del material arqueológico.....	91
	3.2.1 El bloque de caliza recuperado durante la intervención arqueológica.....	91
VII.	DISCUSIÓN.....	93
	1. El análisis Raman del material arqueológico procedente de la Cueva de la Fuente del Salín.....	93
	2. El análisis granulométrico y colorimétrico del material experimental.....	95
	3. El análisis granulométrico y colorimétrico del material arqueológico.....	96
	4. Comparación granulométrica entre los materiales arqueológicos y experimentales.....	97
VIII.	CONCLUSIONES.....	99
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
X.	ANEXOS.....	117
XI.	ÍNDICE DE TABLAS.....	129
XII.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	129

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría agradecer a mis tutores, David Cuenca Solana y Diego Gárate Maidagan, junto a Olivia Rivero Vila, quien también comenzó dirigiendo este trabajo fin de máster, por guiarme y ayudarme a realizarlo, por su paciencia, sus ideas y su tiempo dedicado.

También quiero agradecer a Manuel R. González Morales, catedrático de Prehistoria de la Universidad de Cantabria y director de las excavaciones de la cueva de la Fuente del Salín, quien nos prestó el material arqueológico para llevar a cabo la investigación sobre el procesado de ocre de la Fuente del Salín, además de proporcionarnos informes, imágenes y otra serie de datos sobre los que se sostiene este trabajo.

De igual modo quisiera agradecer a Jesús Antonio González Gómez y a Fernando Rodríguez González, de la facultad de ciencias de la Universidad de Cantabria, por colaborar en el trabajo realizando los análisis Raman de los materiales arqueológicos.

Tengo que agradecer también a Lucía Agudo Pérez por la realización de gran parte de las fotografías del material experimental, las cuales también ha procesado a través de “Adobe Photoshop[®]”.

Al resto de profesores del máster de Prehistoria y Arqueología, por enseñarme tantas cosas y demostrar auténtica pasión por su trabajo.

Gracias a mis compañeros por todos los momentos vividos y todo lo que hemos aprendido junto y espero que nuestros caminos vuelvan a juntarse.

A mis familiares y amigos, por estar ahí en los buenos y en los malos momentos, por vuestros ánimos y palabras de apoyo.

A todos los que de una u otra forma habéis formado parte de este trabajo ¡Gracias!

RESUMEN

La Fuente del Salín es una cavidad situada en el valle del río Nansa, concretamente en la localidad de Muñorrodero (Val de San Vicente, Cantabria). Esta cueva presenta evidencias arqueológicas que muestran una ocupación humana de este lugar en una fase avanzada del Gravetiense. Además, se trata de un contexto arqueológico de gran interés debido a la presencia de representaciones de manos en sus paredes, tanto en positivo como en negativo. Algunas de estas representaciones fueron realizadas con carbón y por lo tanto son de color negro, pero la mayoría de ellas están plasmadas mediante colorante de color rojo. En este sentido, la investigación que conforma este trabajo final de máster está orientada a analizar los procesos relacionados con la obtención y el procesado del colorante empleado para llevar a cabo estas representaciones. Para ello se ha llevado a cabo el análisis de algunos materiales relacionados con la obtención, procesado y aplicación del colorante en el contexto de la Fuente del Salín mediante espectroscopia Raman. Además, también se ha desarrollado un programa experimental analítico orientado a interpretar estas evidencias arqueológicas. En ambos casos, el objetivo ha sido reconstruir la cadena operativa ligada con el desarrollo de estos procesos vinculados con el mundo simbólico de los grupos de cazadores-recolectores gravetienses que ocuparon la cavidad.

Palabras clave: arte rupestre, Gravetiense, colorantes, espectroscopia Raman, Arqueología experimental.

ABSTRACT

“Fuente del Salín” is a cave situated in the valley of the river Nansa, specifically in the locality of Muñorrodero (Val de San Vicente, Cantabria). This cave presents archaeological site with a human occupation ascribed to the late Gravettian. Furthermore, it is a very interesting archaeological context due to the presence of handprints on its walls, both positive and negative. Some of these representations were made with charcoal, therefore are black, but most of them are made with red coloring. Accordingly, the research that makes up this Master’s Thesis is aimed to analyze the processes related to the collection and rendering of the dye used to carry out these representations. Raman spectroscopy has been used to analyze some of the materials related with the collecting, process and utilization of the coloring in the “Fuente del Salín”. In addition, an analytical experimental program has also been developed focused on interpreting this archaeological evidence. In both cases, the aim has been to reconstruct the operational chain linked to the development of these processes associated to the symbolic world of groups of hunter-gatherers that occupied the cave.

Key words: rock art, Gravettian, dyes, Experimental archaeology, Raman spectroscopy.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio del arte parietal paleolítico presenta un enfoque plural a través de su clasificación temática, su valoración estilística, su organización espacial, sus características técnicas o su adscripción cronológica. El avance de las nuevas tecnologías ha permitido generalizar otras aproximaciones analíticas como la composición y preparación de los colorantes con los que se realizaron las pinturas rupestres. Existen diversas analíticas aplicadas al ámbito de la Arqueología que nos permiten conocer los minerales y otros componentes de los colorantes, como la espectroscopia Raman, la microscopía electrónica de barrido o la difracción de Rayos X.

El planteamiento del presente trabajo está dirigido a conocer cómo se procesaron los colorantes de la cueva de la Fuente del Salín (Muñorrodero, Cantabria), replicando su proceso de elaboración a través de la Arqueología Experimental y comparándolo con las evidencias arqueológicas. Para ello se desarrollarán varias técnicas con las que se preparará el pigmento para la obtención de material colorante, comparando la granulometría del material experimental obtenido con algunas muestras de material arqueológico recuperadas recientemente de las intervenciones llevadas a cabo en la cavidad. De esta forma podremos conocer las técnicas, gestos o utillaje que pudieron ser empleados para realizar las pinturas rupestres de la cavidad.

De forma complementaria a la experimentación, se planteó realizar análisis de espectroscopia Raman tanto en los materiales arqueológicos recuperados durante la excavación arqueológica que se realizó en la cueva en el verano de 2016 como en las propias pinturas del interior de la cueva. El objetivo de estos análisis es conocer tanto el mineral o minerales utilizados en el colorante como los posibles añadidos que pudieron ser incorporados para proporcionar al colorante las condiciones adecuadas para su aplicación sobre la pared. Para el análisis de las pinturas de la cueva, se solicitó un permiso, incluido en la autorización de actuación en la cueva para el verano de 2017, para poder realizar análisis Raman sobre las pinturas de la cueva *in situ*. Este permiso fue aprobado por la administración correspondiente, pero el acceso a la cueva se vio impedido durante las campañas de excavación de los años 2017 y 2018, debido a la inundación permanente de la galería de acceso, por lo que este punto no se ha podido incluir en el trabajo.

II. OBJETIVOS

La importancia de conocer el procesado de los colorantes reside en que nos permite acercarnos a las sociedades del Paleolítico superior, en concreto al ámbito del arte rupestre. Es por ello por lo que se ha desarrollado este trabajo a partir del planteamiento de los siguientes objetivos fundamentales:

- Distinguir y comprender las distintas técnicas analíticas utilizadas en Arqueología para identificar la composición de los colorantes empleados en las pinturas rupestres.
- Analizar la cadena operativa relacionada con el proceso de obtención, procesado y aplicación de colorantes en la Fuente del Salín, abarcando todos los procesos relacionados con esta actividad. Es decir, las fuentes de aprovisionamiento de las materias primas, las técnicas de procesado de ocre y el utillaje empleado para ello y, por último, la composición de los colorantes que se emplearon en el yacimiento para realizar las representaciones de manos de color rojo.
- Crear y desarrollar un programa experimental sobre el procesado de colorantes rojos para su aplicación en el arte parietal, comparando las muestras obtenidas con el material arqueológico, para intentar reconocer así la técnica o técnicas llevadas a cabo en la Fuente del Salín durante el periodo de ocupación de la cavidad.

III. EL ESTUDIO DE LOS COLORANTES DEL ARTE RUPESTRE DURANTE EL PALEOLÍTICO SUPERIOR

1. Definición conceptual

El estudio de los colorantes precisa de una terminología que, en ocasiones, se utiliza indistintamente o se confunden, pero tienen algunas connotaciones que se deben recalcar para referirnos a ellos debidamente. Según Salomon (2009) y Pradeau (2015):

- El color es la impresión visual que se produce por el reflejo de la luz en un material.
- El tono es un componente descriptivo del color a través del cual diferenciamos unos de otros. Existen tres colores primarios: cian, magenta y amarillo, y su mezcla proporcionan colores y tonos.
- El pigmento es la sustancia de color de un mineral o de algún vegetal, es insoluble en agua y se utiliza para manchar, pero no penetra en el soporte en el que se aplica.
- El colorante, por otro lado, sí se disuelve en agua y penetra en el soporte.

Por lo tanto, con los pigmentos extraídos de distintos minerales, los grupos humanos del Paleolítico elaboraron materias colorantes para aplicarlas sobre las paredes de cuevas y abrigos.

Además de esto, los colorantes presentan diversas características (Sánchez Gómez, 2009), las cuales van a ser desarrolladas en los siguientes párrafos.

- El color:

Los principales agentes pigmentadores inorgánicos en los ocreos son el hierro y el manganeso, y su presencia porcentual proporcionará una coloración determinada. Sin embargo, la cantidad de hierro por sí sola determina la profundidad del color, puesto que es el tipo de óxido de hierro el que determina el color. Además, un solo óxido de hierro puede presentarse en distintos tamaños de cristal, grado de compactación y cantidad de catión, lo cual también define el color (Huges y Solomon, 2000: 19; Menu, 2009: 3-5).

El color original del mineral procesado podría modificarse ligeramente añadiendo polvo de otros minerales o/y otras sustancias como orina, huevo, leche, ceniza, etc., elementos que además le otorgan una consistencia necesaria para la adherencia (Menu, 2009: 5-6; Sánchez Gómez, 2009: 246). Aunque en el caso de la pintura soplada, como sucede en las manos en negativo de La Fuente del Salín, tenía que ser un colorante bastante líquido para que pudiese ser fácilmente aplicado mediante la técnica de soplado. De esta forma es posible que, para llevar a cabo esta técnica, simplemente diluyesen el colorante en agua.

J.L. Sánchez Gómez (2009) recuerda que, antes de iniciar un análisis de cualquier pintura paleolítica, debemos tener en cuenta que:

“los colores ahora observados por nosotros no son, exactamente, aquellos que el pintor plasmó; esto es debido a la actuación de agentes externos, tanto químicos como físicos y biológicos, que han alterado el antiguo cromatismo de las pinturas”.

- **Minerales:**

Los grupos humanos del Paleolítico utilizaron un amplio espectro de minerales para elaborar las representaciones gráficas parietales, si bien es cierto que la mayoría están elaboradas con color negro y rojo (Menu, 2009: 3-5). En este caso los vamos a clasificar en función de los colores que apreciamos en las representaciones gráficas parietales paleolíticas.

Blanco: se trata de un color que en raras ocasiones podemos ver en las pinturas rupestres, además, con el paso del tiempo adquiere un color amarillento. Tal vez el único caso de representación atribuida al Paleolítico es una mano de la cueva de Gargas, en el Pirineo francés (Clot, 1974; Barrière, 1975: 201-203; Menu, 2009: 3-5; Foucher *et al.*, 2010-11). Actualmente obtenemos ese color a partir de algunos minerales como óxidos de zinc, titanio o barita. Una de las materias primas que utilizaban en el Paleolítico era la creta, que es una caliza (Ca CO_3) de textura terrosa que contiene restos fósiles de foraminíferos, dado que se origina en ambientes marinos gracias a la precipitación del carbonato cálcico y que resulta de fácil aplicación sobre el soporte (Sánchez Gómez, 2009: 248). Por otro lado, también podría haberse empleado el caolín (Álvarez Romero, 2012: 27), una arcilla que se emplea en la actualidad como base de la porcelana. El caolín está compuesto

principalmente por caolinita, que es un filosilicato de origen hidrotermal o generado por la meteorización de rocas metamórficas o volcánicas ricas en aluminio. En su estado original es incolora, pero posteriormente adquiere colores amarillentos, grisáceos, rojizos o, en la mayoría de casos, blanco (Álvarez Romero, 2012: 27). Por último encontramos la cal apagada (Hidróxido de Calcio - Ca(OH)_2) que se crea a través de la hidratación de óxido de calcio (cal viva - CaO), aunque el uso de esta técnica de obtención durante el Paleolítico sigue siendo una cuestión de debate (Sánchez Gómez, 2009: 249). Además, debido a sus características, se trata de una materia poco apropiada para el uso pictórico, ya que una vez aplicado sobre la roca forma una costra que impediría que el pigmento penetrase en la roca a menos que esta fuese excesivamente porosa (Sánchez Gómez, 2009: 248-249).

Negro: Tal vez sea este el único color que pueda conseguirse artificialmente, gracias al uso del fuego, realizado con material orgánico. Hoy en día conseguimos este color con platino o con hollín de trementina, pero en la Prehistoria este color se conseguiría con métodos más sencillos. El color negro puede obtenerse a través de materiales orgánicos o minerales. Los pigmentos orgánicos, menos estables ya que pierden carbono con el paso del tiempo, se obtienen principalmente del carbón vegetal pulverizado o de huesos quemados, o aplicando directamente el material quemado sobre el soporte (Menu, 2009: 5). El mineral más importante utilizado para obtener color negro, después del carbón, es la pirolusita (MnO_2 - Bióxido de manganeso) constatada en cuevas como La Garenne (Labeaume, Francia) o Lascaux (Dordoña, Francia) (Canseco Domínguez, 2015: 5) y otros óxidos de manganeso similares. Puede presentarse en color gris o negro pardusco y podemos encontrar este mineral fácilmente en masas arriñonadas o de textura terrosa formadas por la alteración de carbonatos y silicatos de manganeso (Álvarez Romero, 2012: 27). El color negro también puede obtenerse del grafito, un carbono cristalino puro (Sánchez Gómez, 2009: 249; Pradeau, 2015: 39-40).

Rojo, amarillo y pardo: estos tres colores, en sus diferentes tonalidades, proceden de iguales o semejantes minerales, dependiendo del porcentaje de sus compuestos, o la presencia de impurezas. En primer lugar, se debe aclarar que la literatura que hace referencia a los colorantes que proporcionan los colores rojizos a menudo confunde ocre, hematites y óxidos de hierro, englobándolos a todos en el término “ocres”, sin embargo existen diferencias entre ellos que deben ser remarcadas. En numerosas ocasiones se llama

ocre a cualquier roca o mineral que tiene un color rojizo, sin hacer distinción de los diversos óxidos de hierros que pueden tener esta coloración como son la limonita, la goethita o la hematites (Cortell Nicolau, 2016: 21).

Los ocreos son el resultado de la descomposición de minerales metálicos (sobre todo sulfuros), mezclados con arcillas o arenas y, en ocasiones, restos de materia orgánica. Por otro lado, los óxidos de hierro hacen referencia a los minerales oxidados sin restos de arcillas o arenas, es decir, la fase previa a la creación de un ocre. Por último, la hematites es un óxido de hierro con aproximadamente un 70% de material ferroso y 30% de oxígeno, pero también puede contener titanio, aluminio y manganeso (Álvarez Romero, 2012: 27; Cortell Nicolau, 2016).

La hematites, la goethita y la limonita son óxidos de hierro transformados en ocreos rojos y amarillos debido a las inclusiones de arcillas o arenas. La hematites es un mineral que se presenta en gamas de colores que van desde el negro hasta el rojo. Se trata de un mineral frágil y de textura terrosa, por lo que su pulverización resulta fácil, siendo por ello muy apropiado para su utilización en la elaboración de colorantes. La goethita es un óxido de hierro hidratado, es decir, un hidróxido de hierro. Se encuentra en mamelones compactos debido a su composición cristalina. La limonita, por su parte, es un derivado de la goethita, puesto que se le añaden otros minerales como magnetita o lepidocrocita. Se trata de un mineral que nunca llega a cristalizar y se encuentra en la naturaleza con aspecto esponjoso y compacto (Menu, 2009: 5; Álvarez Romero, 2012: 27; Pradeau, 2015: 37-39; Cortell Nicolau, 2016: 22-26).

Por lo tanto, el rojo y amarillo, con sus diversas tonalidades, se obtienen de los ocreos ferruginosos. Son, sin duda, los colores más utilizados para realizar las representaciones gráficas prehistóricas, con un amplio espectro de tonalidades, desde rojo bermellón a marrón oscuro, o del violeta al naranja o amarillos apagados (Álvarez Romero, 2012: 27). Son los minerales que encontramos más habitualmente en la naturaleza, de fácil extracción y que apenas requieren elaboración. Especialmente los ocreos, que son producto de la descomposición de minerales metálicos (principalmente sulfuros) en una zona de oxidación. Conocemos muchos tipos de ocreos como el bismuto, uranio, wolframio, molibdeno, vanadio, antimonio y el hierro (Álvarez Romero, 2012: 27). Por lo general, durante el Paleolítico se utilizaron los ocreos de hierro: el rojo, originado de la hematites; y

el amarillo, originado de la goethita. Ambos se caracterizan por ser colores muy sólidos a la luz y por formarse, por lo general, en grandes yacimientos. Al molerse presentan un grano fino que se mezcla muy bien con los aglutinantes. Hay otros rojos, amarillos o pardos que se obtienen de tierras locales. Para el amarillo también se utiliza la limonita, un mineral formado por goethita, sílice y arcillas. Tiene un color pardo amarillento y se genera en lugares de oxidación de piratas, sideritas, etc. El rojo también se puede extraer del cinabrio, un sulfuro de mercurio que proporciona un pigmento de muy buena calidad. Tiene por lo general un color escarlata, aunque también se encuentra de color bermellón (Sánchez Gómez, 2009: 249-250; Álvarez Romero, 2012: 27).

Debemos tener en cuenta que el color natural de un mineral puede ser modificado también a través del calentamiento (Álvarez Romero, 2012: 26-27). La goethita de color marrón-amarillento (oxihidróxido de hierro FeOOH) se transforma en hematites de color rojo (óxido de hierro Fe_2O_3) por deshidratación si se lo somete a una temperatura cercana a los 1.000°C . Aunque aún no se ha podido demostrar el empleo de este método para obtener el colorante orientado a realizar representaciones gráficas durante la Prehistoria. De esta forma es posible que, ante la posibilidad de emplear de forma expeditiva un variado espectro de minerales con diferentes características, careciera de sentido llevar a cabo un proceso de preparación que resulta más complejo y requiere de un mayor esfuerzo e inversión de trabajo (Salomon *et al.*, 2010: 1).

Otros colorantes: algunos colores como el verde y el azul no fueron empleados para llevar a cabo representaciones gráficas durante el Paleolítico superior en el continente europeo. Sin embargo en otros contextos como los abrigos de Río Pinturas (Santa Cruz, Argentina) o en la cultura de los bosquimanos (Namibia) podemos encontrar paralelos vinculados con el empleo de estos colores. En todo caso es probable que éstos no fueran empleados en la Prehistoria debido a la dificultad de su obtención. Generalmente para el color verde se utiliza la malaquita, mientras que el azul se extrae del lapislázuli o del silicato de aluminio con hierro y manganeso (Sánchez Gómez, 2009: 250-251).

- **Aglutinantes:**

Los aglutinantes no tienen por qué condicionar o modificar el color de los minerales, pero sí dotan a los pigmentos de otras características, como mayor consistencia y adherencia.

Por lo general suelen ser elementos líquidos, pero hay otros materiales que se mezclan con los colorantes para dotarlos de ciertas características que el artista busca a la hora de aplicar los pigmentos. Del mismo modo se debe aclarar que el agua no es un aglutinante, sino un diluyente o disolvente, gracias al cual el mineral molido se convierte en líquido y puede aplicarse con mayor facilidad (Menu, 2009: 5-6; Álvarez Romero, 2012: 26-40).

En cuanto a los aglutinantes líquidos podemos encontrar algunos fáciles de conseguir como la sangre, el huevo, el aceite o la leche (Álvarez Romero, 2012: 26). La sangre, a pesar de ello, no resulta muy efectiva como aglutinante, ya que pierde materia en poco tiempo, se ennegrece y estropea las pinturas (Sánchez Gómez, 2009: 251). Por otro lado, tal y como se ha documentado en yacimientos como El Abrigo de La Saltadora (Les Coves de Vinromà, Castellón) (Roldán *et al.*, 2018), la leche sí que resulta mejor aglutinante, sobre todo cuando tiene mayores cantidades de caseína, una proteína que contiene gran cantidad de fosfato. Algo similar ocurre con la clara de huevo (Sánchez Gómez, 2009: 251; Álvarez Romero, 2012: 27-28). Entre los aglutinantes más grasos estarían los aceites vegetales y los animales (Sánchez Gómez, 2009: 251; Álvarez Romero, 2012: 25-36). Los vegetales podrían extraerse de frutos y semillas, pero ignoramos si fueron utilizados. Es más conocido el uso de grasas animales para su mezcla con colorantes, aunque requieren una elaboración previa muy compleja. H.D. Yacobaccio *et al.* (2008) y C. Álvarez Roemro (2012) proponen que la grasa animal fue el aglutinante más empleado en el transcurso de la Prehistoria, o al menos el que ha sido documentado más frecuentemente en las cuevas francesas. También es posible que utilizasen resinas como aglutinantes, tal vez diluidas o mezcladas con otro tipo de aglutinantes para rebajar su viscosidad (Sánchez Gómez, 2009: 251; Álvarez Romero, 2012: 26-40). En lo que se refiere al Paleolítico, se documentan materiales sólidos como conchas, documentadas en algunas pinturas de Tito Bustillo (Balbín y Alcolea, 2009: 565), ámbar o huesos quemados, como se ha registrado en Arenaza (Gárate *et al.*, 2004: 256)

2. La cadena operativa

El término “cadena operativa”, o “proceso técnico”, fue creado por A. Leroi Gourhan en 1965, aplicado en sus inicios a la tecnología lítica, para hacer referencia a los diferentes pasos que se siguen en la elaboración de un útil desde la captación de la materia prima hasta el abandono del útil, pasando por las actividades vinculadas con su manufactura y utilización (Leroi Gourhan, 1965). El término comenzó a utilizarse por el Estructuralismo como un elemento descriptivo, pero su desarrollo llegó en la segunda mitad de siglo con el Funcionalismo pasando a ser empleado como un útil analítico (Binford, 1989). El proceso técnico es el conjunto de las distintas cadenas operativas que se realizan para obtener un artefacto. Es decir, durante el proceso técnico se desarrollan las cadenas operativas de adquisición (obtención de recursos del medio), de transformación o procesado (productos listos para el consumo) y de gestión y/o consumo (productos agotados) (Leroi Gourhan, 1965; Cobas-Fernández *et al.*, 2001: 13-14).

En el ámbito del arte paleolítico (tanto mueble como parietal), se debe tener en cuenta que su creación se debe a la interacción de diversos factores, tanto intelectuales como materiales (Gárate, 2007: 156). Entre los primeros, podemos considerar la perspectiva del autor, su habilidad en la expresión plástica o los elementos morfoestilísticos derivados de la tradición y el sistema de códigos propio del grupo social (Apellániz, 1991; Fritz, 1999). En cuanto a los factores materiales, la realización del proceso gráfico se ve condicionado por las posibilidades que ofrece el medio, tanto de espacios como materias primas (Gárate, 2007).

El estudio de la cadena operativa del arte paleolítico, algo que no se ha realizado con demasiada frecuencia, permite comprender la globalidad del mismo, así como caracterizar el proceso productivo. Además, este tipo de investigaciones nos permite interpretar diversos aspectos de las sociedades pasadas, como los intercambios de distintos útiles, la ideología o modos de vida (Gárate, 2007: 157). Diversos autores (d’Errico, 1994; Fritz, 1997; García Díez, 1999) han diseñado un marco teórico para el proceso gráfico, a partir del cual se han diferenciado tres frases dentro del proceso gráfico: el diseño mental de la idea previa, el aprovisionamiento y preparación de los materiales necesarios y la ejecución en sí misma (Gárate, 2007: 157). Estas fases interactúan entre sí, es decir, se condicionan unas a otras consecutivamente.

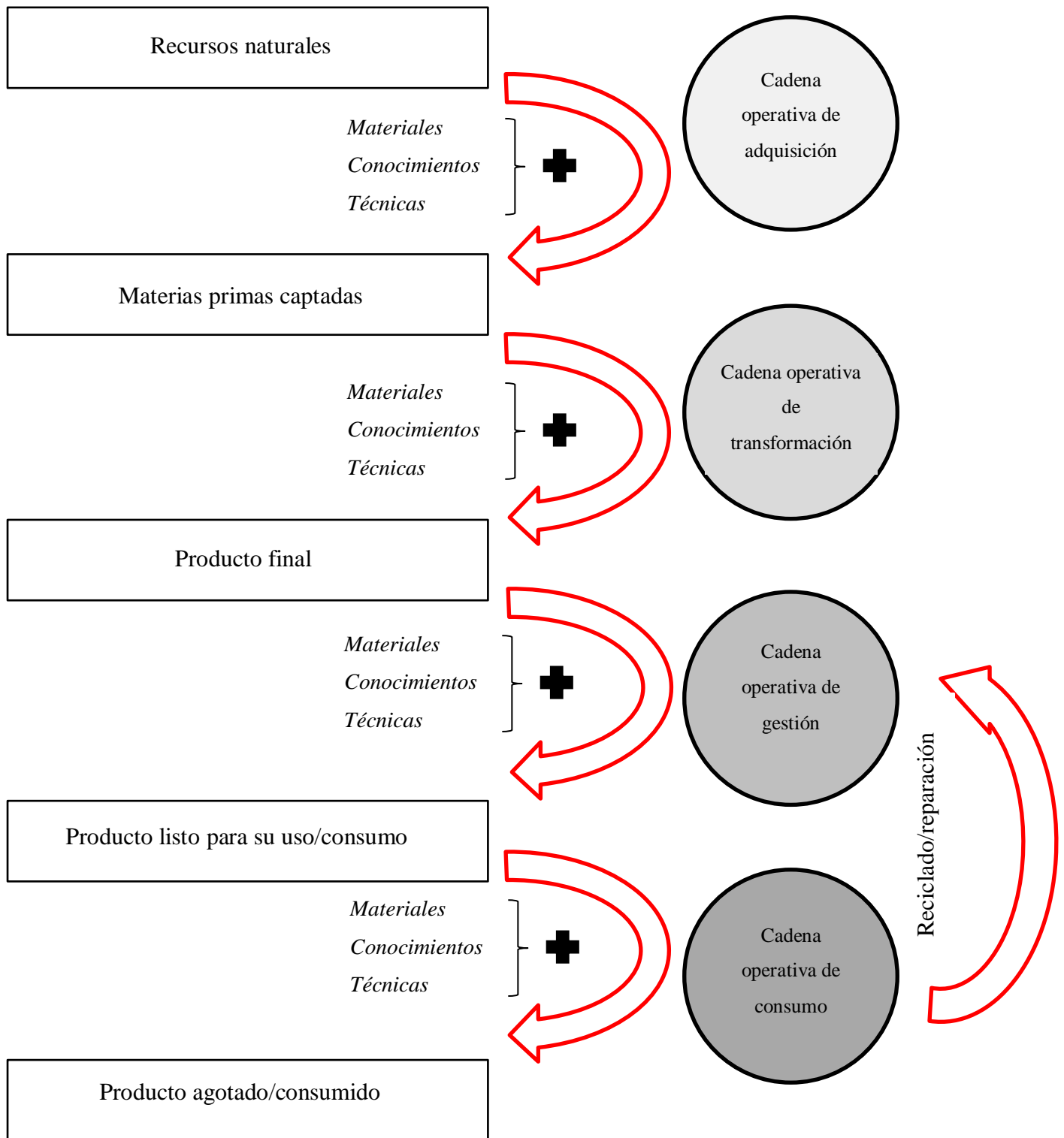


Fig. nº 1. Esquema general del Proceso Técnico.

3. El uso de colorantes por los grupos humanos

3.1 Los orígenes

La importancia de los colorantes durante la Prehistoria se basa tanto en sus fines funcionales como simbólicos. Hoy en día siguen existiendo debates sobre la naturaleza funcional o simbólica de los colorantes en los grupos humanos, tanto en contextos etnográficos como arqueológicos. Los diferentes estudios sobre el uso de los colorantes muestran que los óxidos de hierro han sido utilizados para ciertos usos funcionales como el curtido de pieles (principalmente con hematites) (Rifkin, 2011; Roebroeks *et al.*, 2012), su uso como agente adhesivo combinado con otros elementos como cera o resina (Wadley, 2005), como compuesto medicinal (según referentes etnográficos) (Velo, 1984; Contin, 2005; Forshaw, 2009), como protección cutánea contra el sol o contra picaduras de insectos (Henshilwood, d'Errico y Watts, 2009; Rifkin, 2011) e incluso como elemento abrasivo para pulir materiales (Moure Romanillo y González, 1988).

Por otro lado, entre los usos simbólicos se han documentado algunos como el arte rupestre, arte mueble, pinturas corporales o dentro del contexto funerario como en casos de Le Moustier o La Chapelle-aux-Saints (Wreschner *et al.*, 1980: 632; Gambier, 1990: 22). Es decir, durante la Prehistoria los colorantes han tenido un papel importante dentro de la vida cotidiana y del simbolismo e ideología de los grupos humanos, más allá de la realización de pinturas rupestres. De esta forma podemos encontrar evidencias de gran antigüedad, por ejemplo en sitios como Twin Rivers (Zambia), hace unos 300.000 años, o también en el yacimiento de GnJh, en Kenia, hace 285.000 (Wadley, 2005: 587-601; d'Errico, 2008: 1889-1894; Roebroeks *et al.*, 2012: 168-174). Estas evidencias muestran el papel importante de los colorantes dentro de la expresión simbólica de los grupos humanos, al menos desde el Paleolítico inferior.

En Europa también podemos encontrar evidencias del uso de pigmentos en yacimientos como Ambrona (Soria, España), Terra Amata (Niza, Francia), Maastricht-Belvedere (Limburgo, Holanda) o Achenheim (Alsacia, Francia), con una antigüedad en torno a los 250.000 años. A pesar de que muchas de estas evidencias muestran que el uso del ocre está generalizado desde el Paleolítico medio, parece que la aparición del *Homo sapiens* y su desarrollo simbólico, especialmente vinculado a las representaciones gráficas rupestres en

Europa, lo que produzca la “explosión del color” y los pigmentos tomen una verdadera importancia en la vida de los grupos humanos (Cortell Nicolau, 2016: 17).

3.2 La composición de los colorantes de las representaciones gráficas paleolíticas

Las investigaciones destinadas a conocer la composición de los colorantes se han llevado a cabo desde distintas perspectivas y metodologías, por lo que se mostrarán brevemente algunos casos que evidencian la evolución de la disciplina.

Durante los últimos años se han comenzado a realizar análisis orientados a conocer la composición de los colorantes, así como a comprender cómo fueron procesados los pigmentos en yacimientos como Niaux (Videssos, Francia) (Clottes *et al.*, 1990), La Vache (Alliat, Francia) (Clottes *et al.*, 1990), Arenaza (Galdames, País Vasco) (Gárate *et al.*, 2004), Ekain (Zestoa, País Vasco) (Chalmin *et al.*, 2009), Tito Bustillo (Ribadesella, Asturias) (Balbín y Alcolea, 2009), La Garma (Omoño, Cantabria) (Arias *et al.*, 2011), Candamo (San Román, Candamo, Asturias) (Olivares *et al.* 2014) o El Castillo (Puente Viesgo, Cantabria) (d’Errico *et al.*, 2016). Además, también se han desarrollado investigaciones orientadas a analizar los instrumentos que fueron empleados para procesar estos pigmentos (Couraud, 1988: 17-28; Chalmin *et al.*, 2002: 35-36). De esta forma, en algunos de los casos ha sido posible documentar tanto la técnica de elaboración de los colorantes como los patrones de conducta de distintos grupos humanos, pudiendo llegar a conocer las áreas geográficas ocupadas por determinados grupos (Balbín y Alcolea, 2009: 560). Algunos de los pioneros en el análisis de composición de los pigmentos fueron Van Rijssen (1990), Wilson *et al.* (1990), Clottes *et al.* (1990), Peisach *et al.* (1991) o Mazel y Watchman (1997), quienes se dieron cuenta de la importancia de conocer los componentes de las pinturas mientras las databan (Huges y Solomon, 2000: 15-16).

Este tipo de analíticas han permitido mostrar que las pinturas, en ocasiones, eran más que una simple mezcla de mineral pulverizado con agua. En este sentido, J. Clottes defiende que se trataban de auténticas “recetas” (Clottes *et al.*; 1990; Roldán, 2009: 270). Por otro lado, otros autores como J.L. Sánchez Gómez (2009: 245-246) afirman que los grupos humanos del pasado eran pragmáticos y utilizaban en sus pinturas los pigmentos que tenían más disponibles, es decir, que podrían crear “recetas” pero con aquellos materiales que obtuviesen con facilidad.

3.2.1 Técnicas de análisis de composición de los colorantes empleados en las representaciones gráficas parietales

Existen diversas técnicas que nos permiten conocer la composición de las pinturas, tales como la microscopía electrónica de barrido (MEB), la microscopía electrónica de transmisión (TEM), la difracción de Rayos X (XRD), la emisión de Rayos X inducida por partículas (PIXE), la espectrometría de fluorescencia de Rayos X (XRF), la espectroscopia de energía dispersiva de Rayos X realizada en un microscopio electrónico de barrido acoplado a un detector de Rayos X (EDX), la cromatografía de gases (GC), la Espectrometría de masas con aceleradores (AMS) o la espectroscopia Raman (Huges y Solomon, 2000: 15-16; Roldán, 2009: 269-277).

El MEB es capaz de crear imágenes de alta resolución utilizando un haz de electrones en lugar de un haz de luz. Por su parte, la técnica TEM también emplea un haz de electrones, pero en este caso se utiliza para observar la estructura interna de aquello que se esté analizando. La XRD permite analizar cuantitativa y cualitativamente las fases cristalinas del material. La técnica PIXE permite conocer la composición elemental de la superficie de un material gracias a la irradiación sobre la muestra de un haz de partículas aceleradas. También se puede realizar un análisis físico-químico con la técnica XRF, la cual emite Rayos X secundarios, es decir, característicos de un material que ya ha sido excitado con Rayos X de alta energía. Se utiliza sobre todo para analizar metales, vidrios y cerámicas. Gracias a la EDX podemos determinar la estructura electrónica de cualquier material a través de la excitación por Rayos X, se usa especialmente en muestras cristalinas y sólidas. Para determinar la composición de un elemento gracias a la técnica GC, la muestra se debe volatilizar para separar los componentes de la muestra. La AMS se distingue de otras espectrometrías en que acelera los iones hasta energías cinéticas muy altas antes del análisis. Se utiliza principalmente por su capacidad para detectar el C14 en las muestras. Por último, el Raman, técnica que se lleva a cabo en este trabajo, consiste en la dispersión de luz monocromática de un láser, haciendo que los fotones del láser se desplacen en diferentes direcciones. Este desplazamiento da información sobre los modos vibracionales, y aporta información detallada sobre la composición físico-química del elemento analizado. En el apartado de “Material y Método” se explicará detalladamente el funcionamiento de la espectroscopia Raman (Huges y Solomon, 2000: 15-16; Roldán, 2009: 269-277).

3.2.2 Algunos ejemplos de análisis de composición de las representaciones gráficas parietales del área franco-ibérica

Las investigaciones destinadas a conocer la composición de los colorantes se han generalizado en los últimos años, por lo que se mostrarán brevemente algunos casos que evidencian la evolución de la disciplina en torno al área franco-ibérica, a la que pertenece la Fuente del Salín.

Por ejemplo, los estudios de composición realizados gracias a las técnicas MEB y EDX sobre las 18 muestras (14 negras, 3 rojas y 1 marrón) de las representaciones de la cueva de Ekain (Zestoa, País Vasco) permitieron demostrar que éstas estaban realizadas con hematita, mezclada con arcilla de forma natural o intencionada (Chalmin *et al.*, 2002). Por otro lado, el color negro podía ser orgánico o inorgánico. En el primer caso procedería del carbón vegetal o de hueso quemado. En el segundo caso se trataría de óxido de manganeso, el cual se encuentra disponible en numerosos depósitos en el interior de las cuevas. Los colores amarillos o marrones proceden de una mezcla de óxidos de hierro y óxidos de manganeso, aunque el amarillo puro también se obtuvo a partir de la goethita. Los autores interpretaron la presencia de arcilla en gran cantidad de las pinturas como aglutinante utilizado para afianzar el color en la pared y darle cierta textura a las pinturas (Chalmin *et al.*, 2002: 36-37).

También se han realizado análisis sobre 19 muestras las pinturas y los depósitos naturales de la cueva de Arenaza (Galdames, Vizcaya), en este caso mediante MEB y EDS. Gracias al desarrollo de esta investigación se pudo comprobar que las pinturas estaban realizadas a base de mezclas de diferentes minerales de tal forma que se generó una policromía intencionada, como por ejemplo aluminosilicato con óxido de hierro, hematites con aluminosilicato, óxido de hierro con arcilla o incluso con apatita, un elemento que pudo haberse agregado involuntariamente durante el procesado del colorante pudiendo provenir del soporte (Gárate *et al.*, 2004: 251-289).

En el contexto francés, se analizó la composición de tres de las pinturas de La Grotte de Rouffignac (Dordoña, Francia) utilizando un sistema de análisis portátil de espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF) y emisión de rayos X inducida por partículas (PIXE), dando como resultado la presencia sistemática de manganeso en todas las representaciones, mineral que, además, parece provenir de diversas fuentes de aprovisionamiento puesto que

las distintas figuras presentaban proporciones variables de bario y hierro. Por lo tanto, ninguna de las figuras sometidas a los análisis fue realizada únicamente con carbón (Sanoit *et al.*, 2005: 61-68).

En la cueva de Lascaux (Dordoña, Francia) también se realizaron análisis en varios paneles utilizando una muestra para cada una de las dos técnicas, con el objetivo de conocer la composición de las pinturas, dando como resultado la presencia de representaciones realizadas con un solo mineral y otras que han sido elaboradas con diversas materias primas como hematites, pirolusita, goetita o manganeso. Las técnicas utilizadas para ello fueron MEB y MET (Chalmin *et al.*, 2005; Lahlil *et al.*, 2012).

Otra cueva en la que se llevaron a cabo analíticas de este tipo fue Tito Bustillo (Ribadesella, Asturias). En ella, gracias a la técnica AMS, se documentaron, a través del análisis de 23 muestras, diferentes materiales utilizados para crear los colorantes, tanto minerales como aglutinantes: arcillas, carbón vegetal, hueso quemado, dientes, conchas, manganeso y óxido de hierro (Balbín y Alcolea, 2009: 570).

En la cueva de La Garma (Omoño, Cantabria) también se realizaron análisis sobre 45 muestras de 12 representaciones parietales con el objetivo de conocer la composición de las pinturas rupestres (Arias *et al.*, 2011). Se recogieron pequeñas muestras de la capa pictórica asegurándose de que no quedase ningún elemento ajeno como la calcita, procedente de la pared rocosa. El análisis se llevó a cabo con las técnicas SEM y EDS, y gracias a ellas se pudo documentar que las pinturas negras eran el resultado de la aplicación de hollín, carbón vegetal y óxido de manganeso; las rojas estaban compuestas por diversos óxidos de hierro, como la hematites; el color morado por aluminosilicatos y manganeso; y finalmente que el color amarillo estaba constituido principalmente por goethita (Arias *et al.*, 2011).

Otro caso más actual es el estudio de composición de las pinturas rupestres es el de la Sala de los Polícromos de la Cueva de Altamira (Santillana del Mar, Cantabria) (Rull *et al.*, 2014). Gracias a la espectroscopia Raman y a análisis EDX, se pudo interpretar que las muestras de color rojo intenso (un total de 8 muestras) de esta zona de la cavidad son, principalmente, hematites (Fe_2SO_4) y cuarzo (SiO_2). Los colorantes pardos (4 muestras), amarillos-anaranjados (6 muestras) y rosas (6 muestras) presentan a su vez una

composición similar basada en dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) y calcita (CaCO_3), aunque los amarillentos presentan más cantidad de goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$). Las muestras grises (un total de 3) tomadas en esta zona de la cueva de Altamira serían resultado de mezclar arcillas con moscovita ($\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) y ciertas cantidades de cuarzo. Por último, según los resultados obtenidos en estos análisis, los colorantes negros (una muestra) estarían realizados con carbón vegetal (Rull *et al.*, 2014).

3.2.3 La composición de los pigmentos para la realización de representaciones gráficas a través de la Etnografía

Existen numerosas y variadas referencias etnográficas vinculadas con el uso de pigmentos, sea o no orientado a la realización de representaciones gráficas rupestres. De esta forma en este apartado se hará una breve selección de estos relatos y descripciones para mostrar de forma general esta heterogeneidad. En este sentido, algunos de los primeros estudios sobre la composición de las pinturas se llevaron a cabo a través de la Etnografía, es decir, observando cómo elaboran los colorantes distintos grupos humanos actuales que se asemejan en su forma de vida a los grupos humanos del Paleolítico superior, tal como realizó I. Rudner en 1982 con la cultura Khoisan, en el sur de África. En este caso, después de haber recopilado la suficiente información, intentó replicar, a través de la arqueología experimental, la elaboración de los colorantes de los Khoisan mediante el uso de distintos aglutinantes como grasa animal y vegetal, sangre, estiércol, orina, leche, huevo o miel (Rudner, 1983: 14-17).

Durante los últimos años, algunas investigaciones (Huges y Solomon, 2000) proponen, además, analizar la fuente de aprovisionamiento de esta materia prima, así como las posibles redes de intercambio. J. C. Huges y A. Solomon (2000), en su investigación sobre las pinturas de los San (también llamados bosquimanos, basarawa, sho o !kung) procedentes de Sudáfrica, analizó una amplia gama de minerales y ocre, arqueológicos y no arqueológicos, de distintos periodos cronológicos y de distintas zonas de la región, con el fin de conocer las características de las posibles materias primas que empleaban. A través de este estudio, J. C. Huges analizó los cambios que se han producido a lo largo del tiempo en cuanto a la selección de materias primas, así como las causas de estas variaciones. Los métodos que utilizó para conocer la composición de las materias primas de este estudio, en función de las características propias de cada material, fueron XRD,

XRF, SEM y TEM. En este trabajo, el autor no pudo establecer una relación clara y directa entre minerales y las diferentes regiones y periodos cronológicos. J.C. Huges pensó que esto podía significar la mezcla de distintos ocreos o pigmentos, además de no descartar la posible presencia de oligoelementos que camuflen los resultados (Huges y Solomon, 2000: 15-16).

Pero los colorantes no se han utilizado únicamente en referencia a las representaciones gráficas parietales. Se conocen referentes etnográficos que atestiguan otros usos de los colorantes. Por ejemplo, la comunidad indígena Ika de Sierra Nevada de Santa Marta (Departamento del César, Colombia) utiliza hasta 16 tipos de colorantes para teñir sus telas e incluso para realizar ofrendas (Devia *et al.*, 2016). Además, esta comunidad muestra gran interés, no solo en teñir los textiles, sino en preservar el color una vez aplicado (Devia *et al.*, 2016). Los mixtecos, de la costa de Oaxaca (México), también prestan especial atención en la ornamentación, ya que para ellos forma una parte esencial de la sociedad y del saber. Dentro de este contexto, los mixtecos pintan sus zapatillas con colorantes orgánicos y las decoran, de tal forma que llegan a ser un recurso comunicativo (González Villarruel, 2010). Los Hammar, una comunidad del suroeste de Etiopía, utiliza los colores rojo y amarillo, procedentes de óxidos de hierro, para adornarse el cabello, mezclando el pigmento con algunos aglutinantes como mantequilla o goma de acacia. Esta práctica a menudo forma parte de ceremonias o rituales de la comunidad, como por ejemplo en bailes o en los ritos de iniciación en los que los jóvenes pasan a ser considerados adultos (Rosso, 2017).

Vemos, por lo tanto, que los colorantes son utilizados en varios ámbitos, además de las representaciones gráficas. Por ello, no debemos descartar que durante la Prehistoria también fuesen utilizados en otros contextos aún desconocidos.

3.2.4 La Arqueología Experimental y el estudio del arte parietal

La Arqueología Experimental tiene su génesis a finales del siglo XIX, debido al auge de la Nueva Arqueología y al materialismo histórico. Gracias a ello se tomó consciencia de que la Arqueología era una ciencia experimental, rompiendo con la idea de que solo las ciencias naturales podían ser experimentales. A partir de entonces, la experimentación

arqueológica se tornó un método cada vez más recurrido para contrastar las hipótesis (Morgado y Baena Preysler; 2011: 22).

De esta forma, la experimentación arqueológica es utilizada tanto como una herramienta de investigación (contrastación de hipótesis) como de divulgación (talleres). Además, también tiene un papel heurístico, es decir, permite el descubrimiento. Su aplicación se lleva a cabo de manera más extensa en el ámbito de la investigación prehistórica debido a la ausencia de documentación escrita, por lo que se precisa de esta experiencia empírica como base para la explicación del pasado (Morgado y Baena Preysler, 2011: 22).

La experimentación arqueológica consiste en la repetición de un aspecto concreto del pasado (como la talla de industria lítica, cocción de cerámica, o procesamiento de colorantes), utilizando elementos y llevando a cabo prácticas lo más semejantes posibles a la realidad. El experimento debe ser “*una acción consciente, planificada, controlada y cuantificada en sus resultados*” (Morgado y Baena Preysler, 2011: 22). Gracias a la experimentación, se puede intervenir en el objeto que se está analizando ya que se varían las circunstancias del mismo, a diferencia de la mera observación. Estas variables dependerán de las hipótesis previas, de tal forma que den sentido al experimento en cuestión.

Uno de los ámbitos prehistóricos en los que más se desarrolla la experimentación arqueológica es el arte parietal. Se han realizado numerosos estudios al respecto como los posibles pinceles empleados para la aplicación de los colorantes (González Fernández, 2016), la experimentación de tratamientos térmicos con óxidos e hidróxidos de hierro (Álvarez Romero, 2012), aplicación del colorante a través de la técnica del soplado (como el caso de la “Galería de los discos” de la cueva de El Castillo en Puente Viesgo, Cantabria) (d’Errico *et al.*, 2016) y un largo listado de estudios experimentales ligados al arte paleolítico.

IV. LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS PARIETALES DE LA CUEVA DE LA FUENTE DEL SALÍN

1. El Gravetiense: características generales

1.1 Evolución del término “Gravetiense”

En el año 1891 L. Siret clasificó y secuenció las industrias prehistóricas de los yacimientos peninsulares siguiendo el ejemplo de los investigadores franceses. Siguiendo sus pasos, H. Breuil introdujo el término “Gravetiense” en 1912 cuando presentó su trabajo *“Les subdivisions du Paléolithique supérieur et sa signification”* en el Congreso Internacional *d’Anthropologie et Archéologie Préhistorique*, llevado a cabo en Ginebra. Es en este trabajo donde Breuil hizo una distinción de las primeras etapas del Paleolítico superior, siendo una de ellas el Gravetiense (Bernaldo de Quirós y Neira, 2012: 24-25).

D. Peyrony (1936) denominó “Perigordense” a la cultura que H. Breuil había clasificado en dos etapas, Auriñaciense inferior, determinado por las puntas de Chatelperrón, y el Auriñaciense superior, con puntas de La Gravette. Por lo tanto, D. Peyrony separó el Auriñaciense del Gravetiense, ambos de evolución paralela en el Suroeste de Europa, aún que mantuvo la división del periodo en dos fases, Perigordense inferior y Perigordense superior, en relación con el Auriñaciense inferior y superior de H. Breuil (Martínez Fernández, 2015: 30). A partir de los trabajos de D. Peyrony surgieron nuevas investigaciones y revisiones que dieron como resultado la desaparición del término “Perigordense” para dar lugar al Chatelperroniense, Auriñaciense y Gravetiense, definidas por D.A.E. Garrod (1938) como tres culturas independientes (Bernaldo de Quirós y Neira, 2012: 29-30; Martínez Fernández, 2015: 30-32). Esta controversia de periodos culturales fue abordada por otros autores, como G. Laplace, quien analizó la evolución de las industrias a través de la tipología analítica y determinó que el “Complejo Gravetiense” suponía una “entidad industrial unitaria” (Laplace, 1966).

En la actualidad se emplea el término “tecno-complejo Gravetiense”, el cual, a su vez, incluye otras fases tecnológicas, algunas de ellas sincrónicas (de la Peña, 2012: 17-18; Martínez Fernández, 2015: 30-49). F.J. Fortea (1992: 24-25) desarrolló una sistematización del Gravetiense cantábrico, el cual se componía de dos grandes fases, una primera marcada

por la presencia de buriles de Noailles y la segunda con industrias más o menos genéricas junto con algunas piezas de muesca y pedunculadas muy similares al morfotipo de la punta de Font-Robert. Esta propuesta fue posteriormente desarrollada por M. de la Rasilla (Rasilla y Straus, 2004: 220; Rasilla y Santamaría, 2006: 434-435) quien determinó que el Gravetiense cantábrico estaba compuesto por dos fases, una primera marcada por el dominio claro del buril de Noailles, y una segunda fase con menos presencia de este tipo de buriles en favor de otras piezas como puntas pedunculadas o azagayas de tipo Isturitz. Además, en ambas fases hay presencia en similar proporción de elementos laminares y microlaminares de borde abatido y ciertas puntas y micropuntas de La Gravette.

A partir de entonces se fue definiendo la evolución de la secuencia del Gravetiense, sobre todo gracias a las nuevas investigaciones, excavaciones y a la celebración de congresos que fueron recogiendo las novedades vinculadas a la investigación del Gravetiense, como el IX Congreso de la Unión Internacional de Ciencias Prehistóricas y Protohistóricas celebrado en 1976, y cuyo XV coloquio se centró en el periodo Gravetiense europeo (Klima, 1976; Martínez Fernández, 2015: 35).

Por lo tanto, hasta los años ochenta del siglo pasado apenas se conocían unos pocos yacimientos gravetienses en la región cantábrica, como El Castillo (Puente Viesgo, Cantabria), Cueva Morín (Villaescusa, Cantabria) Bolinkoba (Abadiño, País Vasco) o Cueto de la Mina (Posada de Llanes, Asturias), investigados por parte del *Institut de Paléontologie Humaine* de París (IPH) y la Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas (CIPP), creada esta última en el marco de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Pero a partir de este momento, sobre todo desde la finalización de la Guerra Civil Española hasta la actualidad, comenzó a incrementarse el número de yacimientos relacionados con este periodo. Esta ampliación del registro se debe tanto al descubrimiento de nuevos yacimientos como a los datos aportados por nuevas dataciones o por los estudios paleoambientales realizados sobre los yacimientos ya descubiertos con anterioridad (de las Heras *et al.*, 2011: 10; Martínez Fernández, 2015: 21-24).

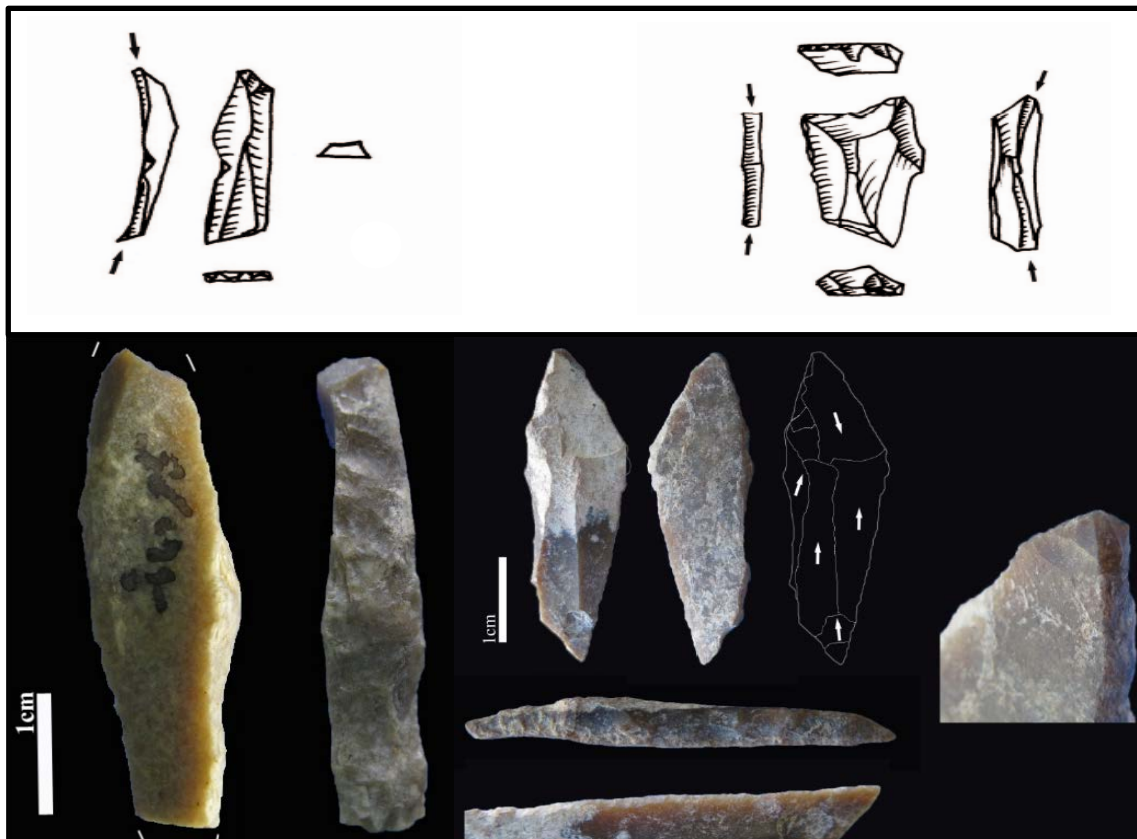


Fig. nº 2. Buriles de Noailles (arriba). Hoja de dorso (abajo izq.). Punta de dorso (abajo drch.)

Fuente: de la Peña, 2012.

Por lo tanto, el Gravetiense cantábrico, en cuanto se refiere al utillaje lítico, se caracteriza principalmente por la presencia de útiles de dorso (hojas de dorso y puntas de dorso) (ver fig. nº 2) y de buriles de *Noailles* (ver fig. nº 2). También es característico de este periodo cronológico en la zona cantábrica la talla a partir de núcleos-buril y la fabricación de azagayas empleando la técnica de la doble ranura longitudinal (de la Peña, 2012: 713-721).

En el área cantábrica (Asturias, Cantabria y País Vasco) existen varios yacimientos que presentan niveles atribuidos al Gravetienses, como cueva Morín (Villaescusa, Cantabria) (niveles V y IV), El Pendo (Escobedo, Cantabria) (niveles Va y V), El Castillo (Puente Viesgo, Cantabria) (niveles 12 y 14), La Riera (nivel 1) (Posada de Llanes, Asturias) (Ripoll y Ripoll, 1990: 58-60), El Mirón (Ramales de la Victoria, Cantabria) (nivel 128) (González Morales, *et al.*, 2012: 289-300), además de la Fuente del Salín (Moñorrodero, Cantabria) (Moure Romanillo, 2008: 80-81) (ver fig. nº 3). En estos yacimientos se documentaron algunos de los instrumentos característicos del Gravetiense como buriles de *Noailles*, truncaduras, puntas de *La Gravette*, puntas de *Font Robert*, hojitas de dorso y raspadores (Ripoll y Ripoll, 1990: 58-60).

YACIMIENTOS GRAVETIENSES DEL ÁREA CANTÁBRICA

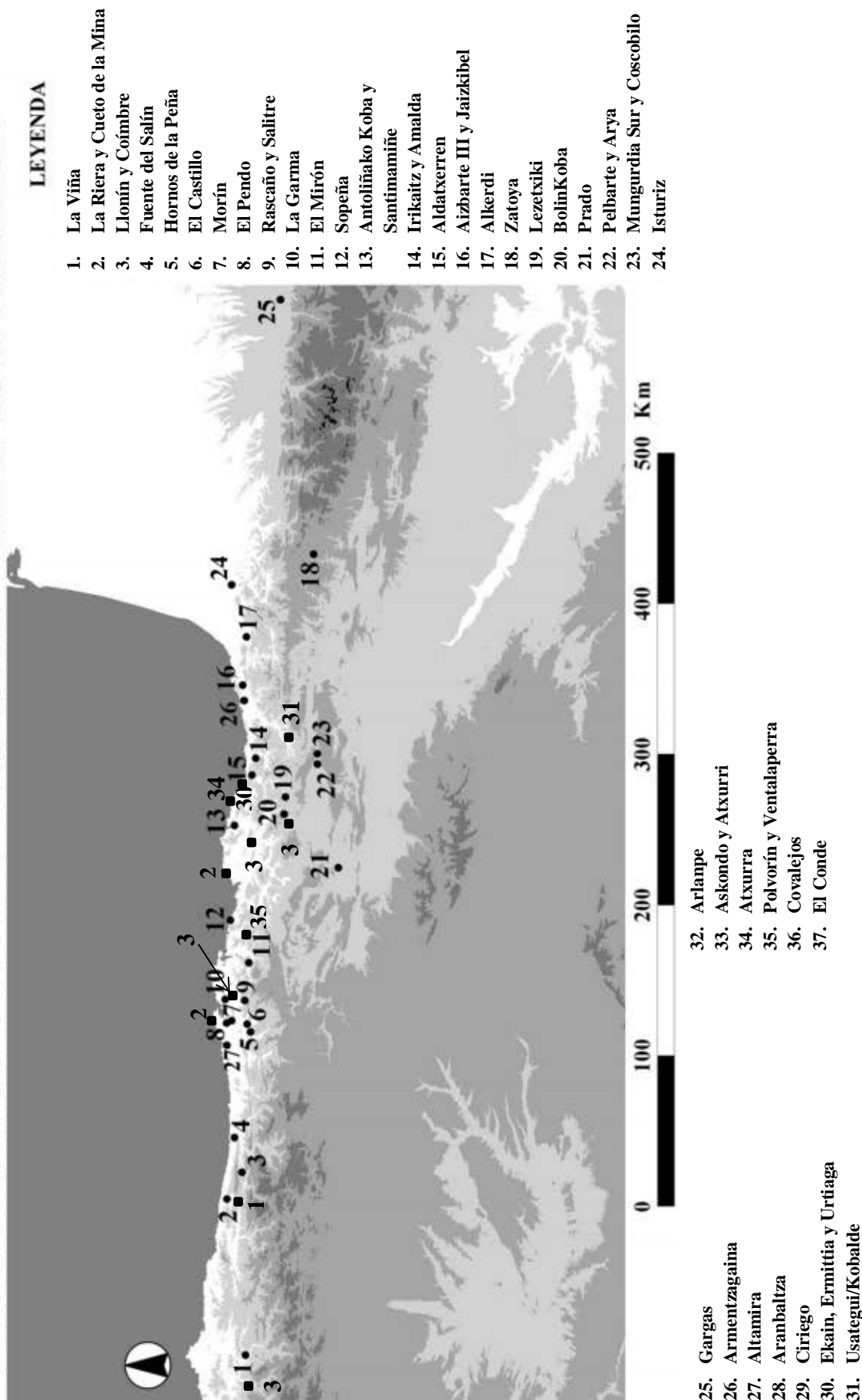


Fig. nº 3. Yacimientos con ocupación gravetiense situados en la región cantábrica.

Fuente: de la Peña, 2012: 649; Martínez, 2015.

1.2 El contexto paleoambiental durante el periodo de ocupación de la Fuente del Salín

La Paleoclimatología, uno de los pilares de la Arqueología sobre todo desde la segunda mitad del siglo XX, tiene por objetivo el estudio de las características climáticas de la Tierra a lo largo de su historia y puede incluirse como una parte de la Paleogeografía. Su estudio se centra en las grandes variaciones climáticas, así como sus causas, y da una descripción lo más precisa posible de las características del clima de cada momento determinado de la historia de la Tierra (de la Peña, 2012: 45-46).

Gracias a este tipo de estudios se ha identificado que durante el periodo Gravetiense en el área cantábrica, las condiciones climáticas fueron rigurosas, marcadas por el frío (debido al evento *Heinrich 3*, uno de los momentos más fríos del último ciclo glacial) y la aridez, aunque con oscilaciones más templadas y cálidas. Además se sucedieron frecuentes ciclos de hielo y deshielo. En cuanto a la vegetación, debido a esta aridez y al frío, se expandió el paisaje estepario, pero también se incrementó el porcentaje de bosques caducifolios, pinos y especies termófilas, especialmente en aquellos episodios de menor aridez, es decir, en algún interestadial de la última glaciación. (Ripoll y Ripoll, 1990: 57-61; Soto Barreiro, 2003; de la Peña, 2012: 733). El conjunto faunístico durante el periodo Gravetiense en la región cantábrica está representado por algunas especies como *Cervus elaphus* (ciervo común o europeo), *Capra pyrenaica* (cabra montés o íbice ibérico), *Equus ferus* (caballo salvaje europeo), *Bison priscus* (bisonte europeo) y *Rangifer tarandus* (reno) (Ripoll y Ripoll, 1990: 59-61; Castaños y Álvarez Fernández, 2012). También podemos encontrar evidencias de caza menor a partir de la presencia de aves en algunos contextos de esta cronología (Ripoll y Ripoll, 1990: 59-61).

Además es destacable ya en este momento del Paleolítico superior, y progresivamente a partir del Paleolítico medio, la explotación de recursos marinos, moluscos como peces. Entre los moluscos se han documentado principalmente *Patella vulgata* (lapa común), *Antalis sp.* (molusco escafópodo) y *Littorina obtusata* (bígaro chato) (Cuenca Solana, 2013). Por otra parte, las especies de ictiofauna más abundantes en este momento son *Trisopterus minutus* (faneca menor, capellán o mollera), *Scomber sp.* (caballa), *Blenius* (blenio), *Platichthys flesus* (platija) y algunas especies de las familias *Salmonidae* (salmónidos) y *Anguillidae* (anguílidos). En cuanto a las aves se deben destacar *Mergus serrator* (serreta mediana, también denominada mergo copetón, pato serrucho y mergansa

pechirroja), *Melanitta perspicillata* (negrón costero), *Melanitta nigra* (negrón común), *Branta leucopsis* (barnacla cariblanca) y *Tadorna tadorna* (tarro blanco). No obstante, debemos recordar que el porcentaje de restos de estas especies es muy inferior al de los animales terrestres anteriormente mencionados (Castaños y Álvarez-Fernández, 2012).

2. Localización y contexto geográfico

La Fuente del Salín se encuentra en Muñorrodero, una localidad del municipio de Val de Sal Vicente, en el sector occidental de Cantabria, lindando con Asturias. La cavidad está situada en la cuenca baja del valle del río Nansa y muy cerca de la ría de Tinamenor.

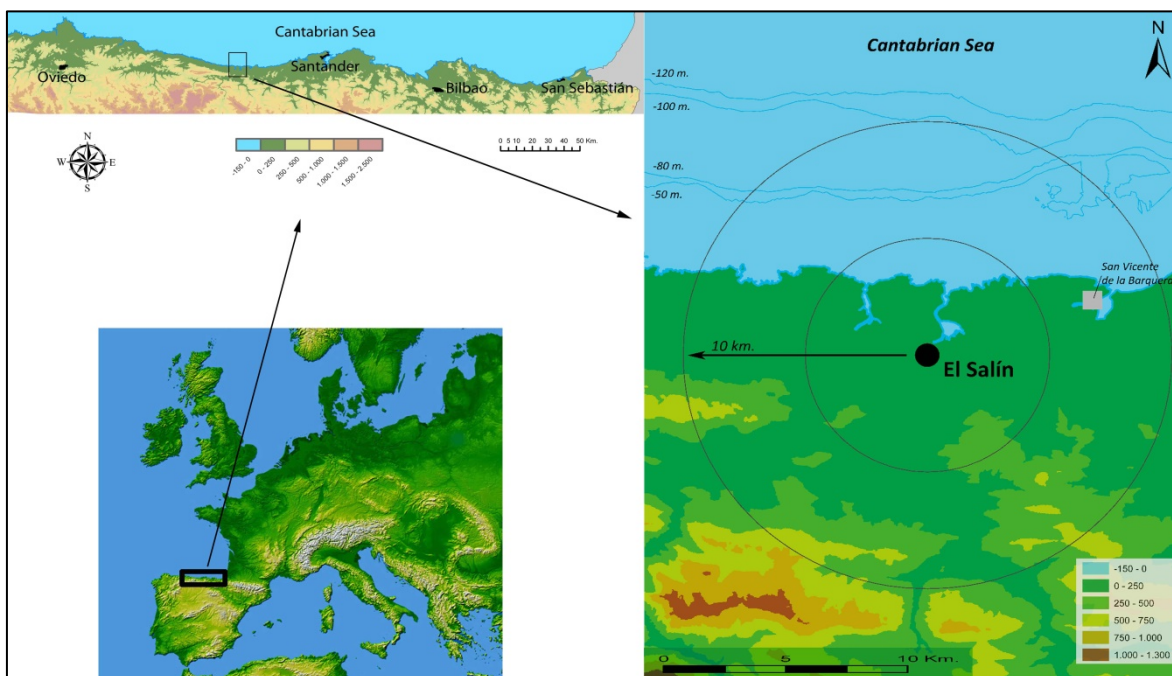


Fig. nº 4. Localización de la cueva de La Fuente del Salín.

Fuente: Cuenca Solana *et al.*; 2013.

Puesto que la cavidad de La Fuente del Salín se halla muy próxima al río, se encuentra en un contexto geológico de terrazas fluviales, concretamente en una zona de margas y calizas arcillosas (ver fig. nº 5). El río Nansa se nutre de diversos afluentes que nacen de Peña Labra y Peña Sarga, las cuales se encuentran en los límites entre Palencia y Cantabria. En el mismo valle se encuentran las cuevas de Chufín (Riclonos, Cantabria) y Micolón (Riclonos, Cantabria), que presentan representaciones gráficas parietales con una

cronología entre hace 18.000 y 13.500 años la primera (García y Garrido, 2014: 659-661), y entre hace 22.000 y 19.000 años la segunda (Díaz Casado, 2000: 173-174). También se encuentra la cueva del Rejo (Val de San Vicente, Cantabria), donde se recuperaron vestigios de ocupaciones vinculadas con el periodo magdaleniense. Además, a poco menos de 20 kilómetros también podemos encontrar la cueva del Pindal (Ribadesella, Asturias). Por lo tanto, la Fuente del Salín se sitúa en una región que destaca por el elevado número de representaciones pictóricas del Paleolítico Superior (Moure Romanillo, 1984-85: 13).

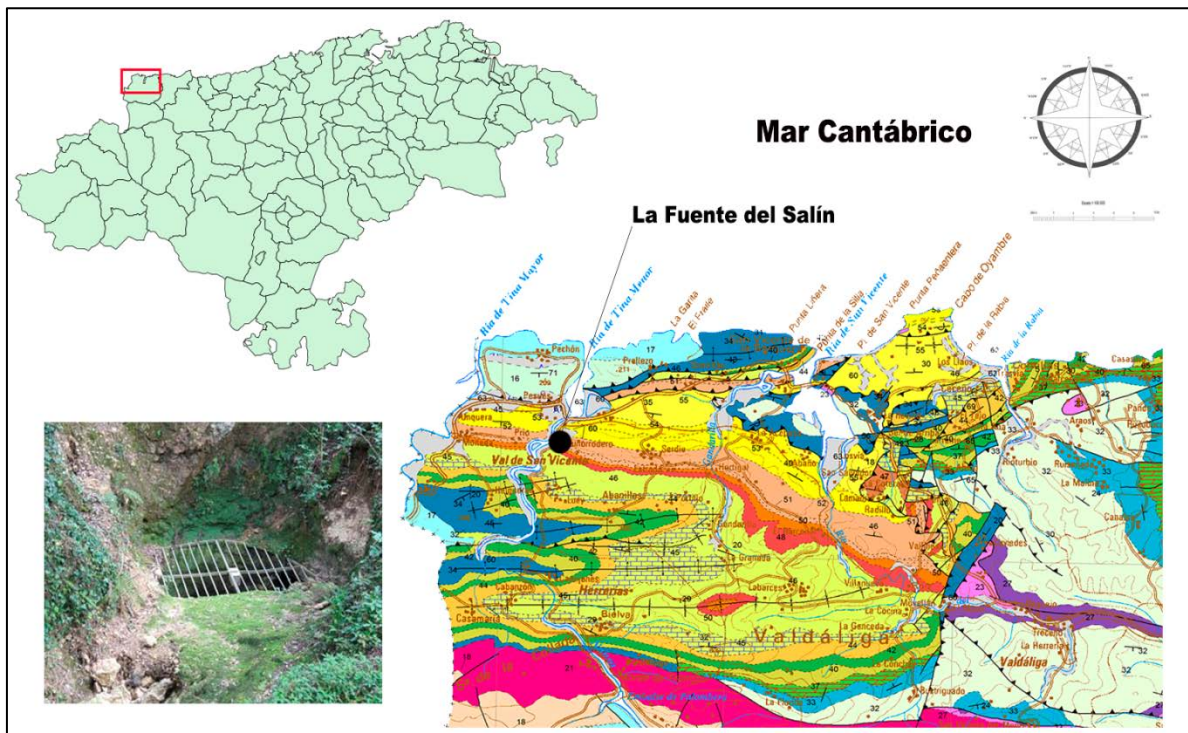


Fig. nº 5. Ubicación geográfica, detalle del acceso a la cueva y contexto geológico de La Fuente del Salín. El contexto Geológico está caracterizado por la presencia de terrazas fluviales en una zona de predominio de margas y calizas arcillosas formadas durante el Terciario.

Fuente del mapa geológico: Robador Moreno, A., Heredia Carballo, N., Rodríguez Fernández, L.R. y Marquinez García, J. (2000). Mapa geológico de Cantabria. Escala 1:100.000. IGME.

El acceso actual a la cueva se sitúa al sureste, sobre un espolón que desciende por la ladera hasta entrar en contacto con el fondo del valle. Esta entrada a la cueva es una surgencia que corresponde a una red subterránea de grandes dimensiones. Se trata de un sistema sifonante que se carga de agua y lo expulsa cuando llega al máximo de su capacidad. Sus coordenadas geográficas UTM son 30T UP 80100275, Hoja nº33 (Comillas) del Mapa 1:50.000 del IGN. Su altitud actual es de unos 15 metros sobre el nivel del mar y está,

aproximadamente, a 3 kilómetros de la línea de la costa, ya que durante el periodo de ocupación de la cueva, el nivel del mar se encontraba a unos 100 metros por debajo del actual (Soto Barreiro, 2003: 315-378; Moure Romanillo, 2008: 79; Gutiérrez Zugasti *et al.*, 2012).

El nombre de la cueva “Fuente” se debe a la existencia de una fuente prácticamente permanente durante todo el año junto a la carretera comarcal S-223. En periodos con mayor abundancia de agua, ésta brota por más aperturas, aunque solamente una de ellas permite acceder a la cavidad. Tan solo se puede acceder al interior de la cueva en épocas de sequía a través de una pequeña galería que posteriormente da acceso a un pequeño lago, resultado de una bóveda sifonante, aunque para acceder a la sala de las pinturas no es necesario pasar por este punto. Seguidamente se llega a una galería la cual parece estar casi constantemente inundada, según confirman las marcas de agua en las paredes de la cueva. Posteriormente, siguiendo una serie de conductos ascendentes, se llega a un nivel superior del sistema kárstico. Por este nivel se debe andar en sentido inverso al anterior. Parece ser que este sistema superior está actualmente inactivo. A través de un camino estrecho se llega a otra sala pequeña, la cual tiene en el lado izquierdo dos pilares que la separan de otra galería superior de mayor tamaño. Parece ser que en esta zona se encontraba la entrada original de la cueva, hoy en día taponada por el hundimiento, ya que las pinturas se encuentran próximas y se encontraron allí numerosos restos arqueológicos (ver fig. nº 6) (Moure Romanillo, 1984-85: 16).

Cueva de la Fuente del Salín Muñorrodero, Val de San Vicente (Cantabria)

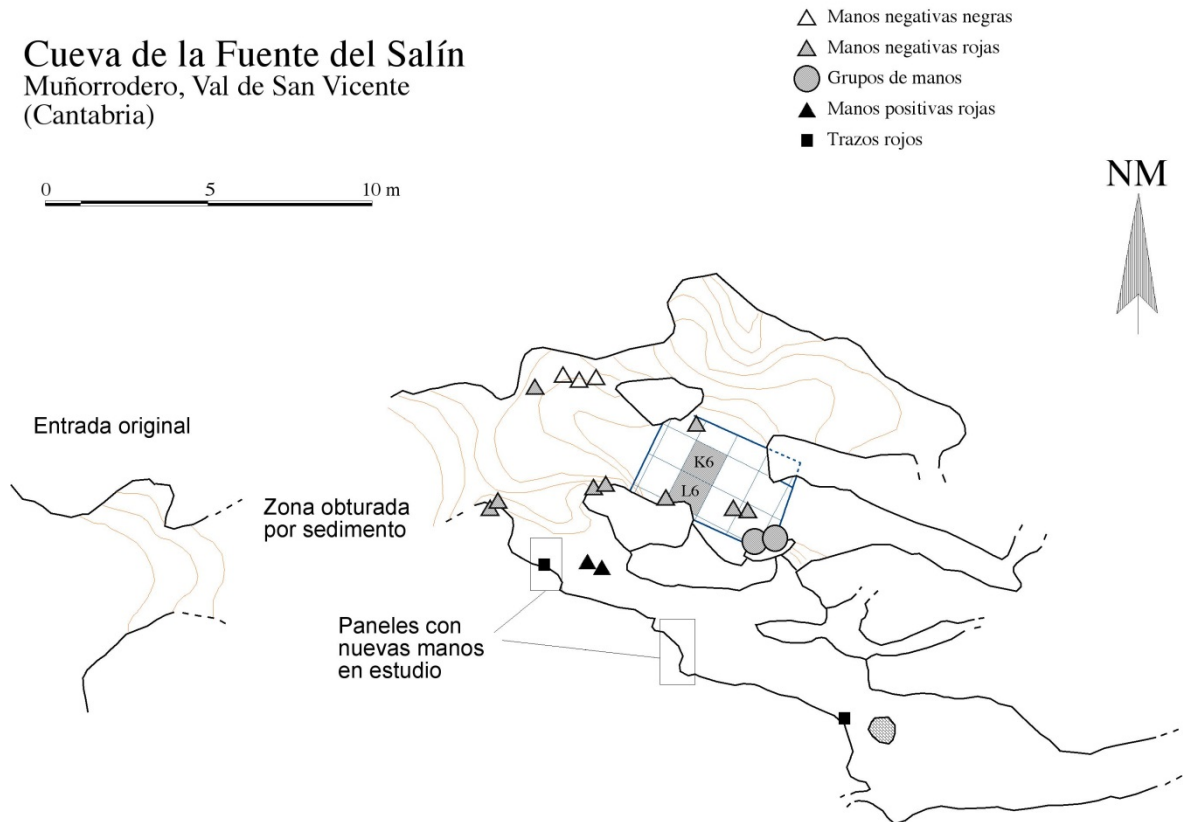


Fig. nº 6. Croquis topográfico de la Sala de las Pinturas de la Cueva de la Fuente del Salín, donde se indica la zona de excavación (hasta 2008) y la localización de las pinturas.

Fuente: Moure Romanillo, 2008: 80.

3. Características del contexto arqueológico

Se trata de una cavidad que alberga en su interior representaciones de manos tanto en negativo como en positivo datadas en torno a 22.500 años, por lo que fueron realizadas en una fase avanzada del periodo Gravetiense. Además de las pinturas sobre las paredes y el techo, las excavaciones realizadas en el sitio pudieron confirmar la ocupación de la cueva en esta cronología.

Antes de iniciar las excavaciones se decidió crear un sondeo de un metro cuadrado, denominado K6 (ver fig. nº 6), que se encuentra junto a la comunicación con la sala superior, y de esta manera comprobar el potencial arqueológico del yacimiento (Moure Romanillo, 2008: 80-81). Gracias a dos campañas de excavaciones (1990 y 1991), dirigidas por J.A. Moure Romanillo y M.R. González Morales, se distinguieron tres niveles. El nivel 1 se trata de una fina capa de arcilla oscura prácticamente estéril. Tras

este, se documentó una delgada costra estalagmítica que daba paso al nivel 2, un potente nivel de color oscuro con numerosos restos de mamíferos, ictiofauna y moluscos marinos, el cual se ha interpretado como un periodo de ocupación humana. El nivel 3 se trata de nuevo de un estrato de carácter arcilloso de carácter estéril (Moure Romanillo *et al.*, 1984-85; Moure Romanillo y González Morales, 2008).

En cuanto a los materiales arqueológicos del yacimiento de la Fuente del Salín, en la superficie se entraban dispersos algunos moluscos marinos, sobre todo los géneros *Patella*, *Littorina* y *Trivia* (Cuenca Solana, 2013: 237), así como fragmentos de diáfisis de huesos, restos de talla lítica, restos de ocre y fragmentos de pared, algunos con restos de pigmentos (Moure Romanillo, 1984-85: 18). Además, durante las diferentes campañas de excavación, se documentaron abundantes restos de talla (especialmente lasquitas de retoque), unos pocos buriles y hojitas de dorso. También se documentaron algunos elementos de industria ósea como fragmentos de azagayas de sección rectangular y oval sin base definida. Así mismo, se recuperaron algunos elementos de adorno como un canino de ciervo y varias *Trivia* perforadas. Todas estas evidencias se encontraban dispersas en torno a la localización de un gran hogar, el cual parece estar asociado al arte parietal de la cueva (González Morales, 2016: 16). Muchos de los testimonios arqueológicos superficiales fueron dañados por los grupos de visitantes que accedieron a la cueva después de su descubrimiento (Moure Romanillo, 2008: 79).

En la intervención arqueológica realizada en 2016 recuperó utillaje lítico como buriles y golpes de buril, además de núcleos y restos de talla. Estas piezas están elaboradas sobre sílex, cuarcita y lutita (González Morales, 2016: 16). Además, se recuperaron fragmentos de ocre, un bloque calizo con restos de pigmento (utilizado a modo de metate) (ver fig. nº 7) y un fragmento de pared con colorante, siendo estos últimos materiales los que formarán parte del estudio que se va a llevar a cabo en este trabajo.



Fig. nº 7. Fragmento de bloque calizo con pigmento rojo, localizado bajo las manos en positivo.

Fuente: González Morales, 2016.

4. Las representaciones pictóricas: descripción y técnicas de elaboración

El descubrimiento de las pinturas se llevó a cabo gracias a la Sociedad de Actividades Espeleológicas de Cantabria (SAEC) el 16 de Octubre de 1985 mientras realizaban trabajos de topografía (Moure Romanillo, 1984-85: 14).

En las primeras visitas a la cueva se localizaron una serie de pinturas en el área próxima a la entrada original de la cueva (hoy en día cerrada), en un radio de ocho metros en torno al primero de los dos pilares. En las proximidades de la entrada, en paredes y techo, están las manos en negativo, por lo general agrupadas en pequeños grupos, y en la galería superior se apreciaron dos manos en positivo, manchas, signos y restos de otras posibles figuras. En el año 2003 se identificaron gracias a una iluminación especial nuevas manos en negativo tanto de color rojo como negro bajo veladuras estalagmíticas en la pared (Moure Romanillo y González Morales, 2008: 79-82).



Fig. nº 8. Conjunto de manos en negativo de la Fuente del Salín en la que se aprecia parte del antebrazo.

Fuente: Cuenca Solana et al., 2013.

El conjunto pictórico está constituido casi en su totalidad por agrupaciones de improntas de manos, catorce en negativo y dos en positivo, mezcladas con algunas manchas de color y algunos signos. La gran mayoría de manos negativas están realizadas con color rojo, mientras que unas pocas son de color negro, debido a la utilización de carbón (Moure Romanillo *et al.*, 1985; Moure Romanillo y González Morales, 2008; González Morales, 2016).

Algunas de las representaciones incluyen la forma del antebrazo (ver fig. nº 8), como también puede apreciarse en algunas de las manos de El Castillo (Puente Viesgo, Cantabria) o de Gargas (Aventignan, Francia) (Ruiz Redondo, 2010) algo poco frecuente en este tipo de pinturas. Se ha documentado también una mano en negativo, de color rojo como todas las de la sala, que parece ser el único caso en el que no aparecen representados los cinco dedos de la mano, ya sea porque a la persona que colocó la mano le faltaba un dedo o porque lo escondió a propósito para la representación. Al inicio de la galería superior se identifican las dos manos en positivo, de un color rojo más oscuro que las demás, que presentan cierto grado de deterioro a causa de desconchados de la pared. Algo más adelante se aprecian manchas rojizas, del mismo color que las manos en positivo. En el resto de la galería aparecen puntos y restos de color en grupos o aislados, realizados en varias tonalidades de rojo (Moure Romanillo, 1984-85: 16).

Las manos en positivo probablemente fueron realizadas aplicando pintura sobre la mano y después plasmándola sobre la pared. Los signos han podido ser elaborados o bien con los dedos impregnados en pigmento o con un útil que realizase la misma función. Sin embargo, las manos en negativo probablemente fueron realizadas empleando la técnica de soplado de la pintura. Esta técnica fue también empleada en otras cuevas como Altamira (Santillana del Mar, Cantabria) o El Castillo (Puente Viesgo, Cantabria) (d'Errico *et al.*, 2016). Para poder llevar a cabo esta práctica, el pigmento debe ser lo suficientemente líquido para que se esparza con facilidad, pero lo suficiente denso o viscoso para evitar el goteo. La forma concreta en la que se llevó a cabo sigue siendo muy debatida en la actualidad (Montes *et al.*, 2004; d'Errico *et al.*, 2016). En este sentido, en el yacimiento de Altamira se encontraron dos diáfisis de huesos de ave manchados de pigmento, por lo que fueron interpretados como aerógrafos (Montes *et al.*, 2004). Sabemos que esta técnica no es el único modo de realizar este tipo de representaciones, ya que también podría emplearse un hueso o caña para soplar y escupir directamente de la boca el pigmento. En

función de las salpicaduras, su dispersión, tamaño y forma, en algunos casos podría ser posible reconocer la técnica con la que se realizaron este tipo de representaciones, o incluso el ángulo desde el que se expulsó el colorante (d'Errico *et al.*, 2016).

Se han realizado dataciones de C^{14} tanto de las pinturas como de los restos arqueológicos encontrados, orientados a verificar la contemporaneidad de las ocupaciones arqueológicas y la realización del arte rupestre. Para las pinturas se tomó muestra de una mano negativa de color negro realizada en carbón y dos micromuestras de la costra estalagmítica con el objetivo de proporcionar una datación mediante series de uranio. La muestra del carbón proporcionó una datación de 18.200 ± 70 años (ver tabla nº 1). Debemos tener en cuenta que quizás la muestra se ha rejuvenecido por contaminación orgánica, es decir, debido a la continua circulación de aire y la presencia de abundantes insectos en las paredes, por lo que la datación sería errónea (Moure Romanillo y González Morales, 2008: 81). Parece ser que los restos arqueológicos del suelo son más antiguos según el análisis de huesos y carbones de un hogar situado al pie de las pinturas, que se encontrarían cronológicamente entre hace 22.340 y 23.190 años (ver tabla nº 1) (Cuenca Solana, 2013: 236).

Las manos de color rojo, a pesar de que no se pueden datar de forma directa, son una manifestación artística que se asocia comúnmente al periodo Gravetiense para la zona franco-ibérica (González Sainz, 1999a, 1999b; García Díez *et al.*, 2012: 492).

Procedencia	Material	Fecha BP	\pm	Referencia laboratorio	D C^{13}	Edad calibrada BP (rango 68%)	
Mano negativa en negro	Carbón	18.200	70	GX-27757-AMS	-23,50%	21584	22254
Carbón del hogar	Carbón	22.340	+510/-480	GrN-18574	?	26090	27622
Carbón del hogar	Carbón	22.580	100	GX-27756-AMS	-26,60%	26928	27697
Huesos en superficie	Hueso	23.190	900	GX-29438	-21,50%	26591	29016
Diáfisis de ungulado-hogar	Hueso	23.040	50	UGAMS-9077	-20,30%	27184	28042
Concha de <i>Patella vulgata</i> -hogar	Concha	23.160	90	OxA-27195	+0,78	27610	28129

Tabla nº. 1. Dataciones radiocarbónicas del contexto de la Fuente del Salín.

Fuente: González Morales, 2016: 3.

Por lo tanto, podemos deducir que estas pinturas pueden adscribirse crono-culturalmente al Gravetiense, entendiendo que es muy probable que la datación de la mano negra en negativo se haya rejuvenecido. De esta manera las pinturas y el depósito arqueológico serían contemporáneos (Moure Romanillo, 2008: 81-82).

De esta forma, el contexto arqueológico y las representaciones gráficas estarían relacionadas de forma directa, al igual que ocurre en otros yacimientos como La Viña (Asturias), Tito Bustillo (Asturias), El Conde (Asturias), Altamira (Cantabria), La Garma (Cantabria) o en Le Moulin de Laguenay (Francia) (Mélard *et al.*, 2010: 666-680).

V. MATERIAL Y MÉTODO

Con el objetivo de comprender los procesos técnicos relacionados con la obtención y procesamiento del pigmento empleado para realizar las pinturas de la cueva de la Fuente del Salín durante el Gravetiense se han llevado a cabo dos procesos metodológicos. En primer lugar, un análisis de los materiales arqueológicos recuperados en la cavidad durante la excavación del 2016, es decir, algunos fragmentos de ocre en bruto de distintos niveles de ocupación, un bloque de caliza con restos de pigmento (ver fig. nº 9) y un fragmento de pared desprendido con restos de colorante aplicado (ver fig. nº 10) (González Morales, 2016) de tal forma que podamos conocer la composición de las pinturas, tanto del mineral o minerales que las componen como de los posibles aglutinantes que pudieron haber sido añadidos. El segundo proceso consiste en una experimentación analítica para comprender el proceso de elaboración de los colorantes de la Fuente del Salín. Esta experimentación es posible puesto que los restos arqueológicos documentados en la cueva forman parte de los distintos pasos de la cadena operativa de la elaboración de colorantes, es decir, los restos de ocre en bruto, el bloque de caliza con restos de pigmento que parece ser una especie de metate o mortero donde se ha preparado el colorante y un fragmento de pared con colorante, posiblemente parte de una representación gráfica realizada en la pared previamente.

Los resultados obtenidos mediante la experimentación analítica se compararán con los materiales arqueológicos, acercándonos a conocer cómo fue el procesamiento del ocre de las representaciones parietales de La Fuente del Salín. Se realizarán análisis granulométricos a través de una lupa binocular y análisis colorimétricos utilizando la herramienta “cuentagotas” del programa informático “Adobe Photoshop[®]”, de tal manera que se comprobará de manera objetiva el color de cada material. Es decir, se analizarán los valores del color de un pixel representativo de la muestra y se buscará con la misma herramienta el color de la tabla Munsell que tiene unos valores de color lo más similares posible. Además, tanto las fotografías de los materiales (arqueológicos y experimentales) como las de las tablas Munsell serán realizadas bajo las mismas condiciones de luz.



Fig. nº 9. Bloque de caliza con restos de colorante en la cara superior, documentado en la intervención arqueológica de 2016. (Cara superior (arriba) y cara lateral (abajo)). Escala a 5 cm.



Fig. nº 10. Fragmento de pared con colorante aplicado en la cara externa, documentado en la intervención arqueológica de 2016. (Cara externa (arriba) y cara lateral (abajo). Escala a 5 cm.

1. Análisis mediante espectroscopia Raman

El efecto Raman fue descubierto en el año 1928 por el físico indio Chandrasekhara Raman (Premio Nobel de Física en 1930). La espectroscopia Raman permite obtener información sobre las vibraciones moleculares y sobre la red cristalina, por ello es sensible a la composición, enlaces, entorno químico, fases y a la estructura cristalina de la muestra que se esté analizando. Es por ello por lo que resulta un método perfecto para conocer la composición de cualquier materia (Iriarte Cela, 2016: 29-30).

Esta técnica se basa en la dispersión de un haz de luz de mayor o menor energía incidente sobre una superficie. La materia sobre la que incide el haz de luz absorbe la radiación y la reemite en todas las direcciones y, en función de la dirección de la reemisión distinguiremos dos tipos de dispersión: la *dispersión Reyleigh*, también llamada dispersión elástica, y la *dispersión Raman*, o dispersión inelástica. Los elementos causantes de la dispersión Raman son: los modos internos de la vibración de una molécula (vibrones), los fonones en una red cristalina (vibrones de la red) y los magnones en sistemas con transiciones de orden magnético. La luz dispersada está compuesta por dos partes ya mencionadas: la *dispersión Rayleigh*, la cual es muy intensa y tiene la misma frecuencia que el haz de luz que incide sobre la muestra (ν_0), y la *dispersión Raman*, que es más débil (aproximadamente $10^{-5} - 10^{-8}$ del haz incidente) con una frecuencia de $(\nu_0 \pm \nu_m)$, siendo ν_m la frecuencia vibracional de los vibrones, fonones y magnones (Aguirre Yagüe, 2015: 9; Álvarez Caballero, 2015: 40).

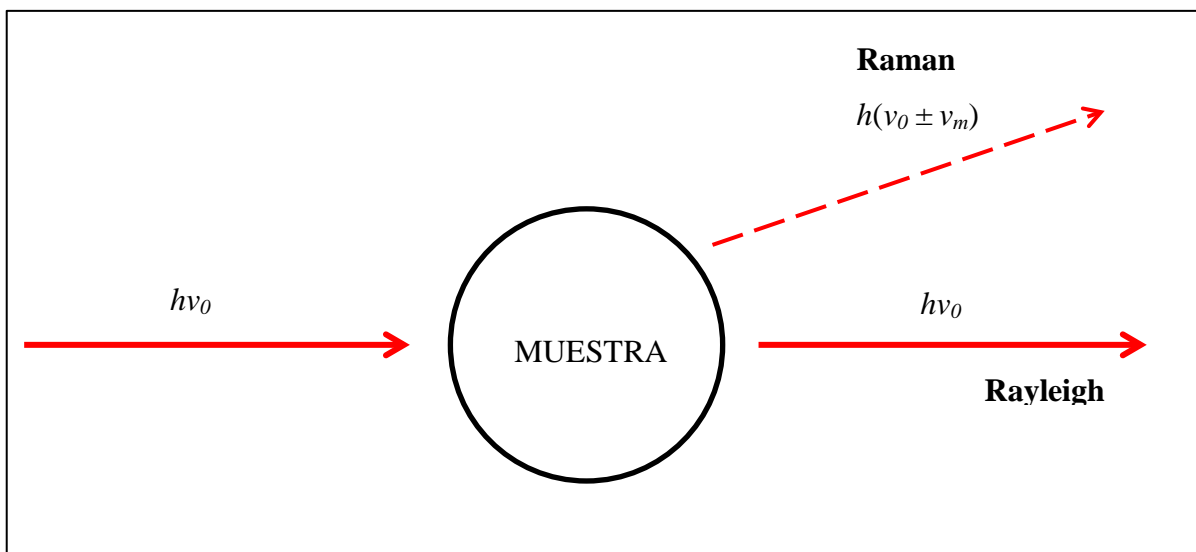


Fig. nº 11. Efecto de dispersión Raman.

Fuente: Desarrollo a partir de F. Aguirre Yagüe, 2015.

La espectroscopia Raman se considera una técnica de análisis no destructiva, puesto que el material analizado no resulta dañado por el láser, aunque se debe tener cuidado ya que puede destruir parcialmente la muestra si se aplica más potencia al láser de la necesaria (Hernanz *et al.*, 2006: 187). Para realizar los análisis sobre una muestra ésta debe colocarse sobre un portaláminas si es una muestra pequeña o sobre la plataforma si es de mayor tamaño, de tal forma que la cara sobre la que va a incidir el láser esté situada lo más plana posible. Después, a través de la cámara aumentada se elige el punto exacto sobre el que se va a realizar el análisis. Debe ser un punto sin impurezas para que el análisis sea lo más preciso posible.

En cuanto a los análisis Raman aplicados a las pinturas rupestres, estos pueden realizarse de dos formas, o bien con el equipo Raman de laboratorio o bien con el equipo portátil. En el primero de los casos hay que llevar al laboratorio una muestra de aquello que se quiere caracterizar, en este caso una muestra del colorante de la pintura rupestre. Para ello se debe extraer una muestra con un bisturí esterilizado para llevarla a analizar al laboratorio, por lo que en este caso sí deberíamos hablar de la espectroscopia Raman como una técnica destructiva (aunque no destruya la muestra por sí solo al aplicar el láser). En el segundo caso, el equipo Raman portátil se trasladaría allí donde estén las pinturas rupestres para realizar los análisis *in situ*, sin requerir tomar una muestra de colorante, siendo, por tanto, una técnica analítica no destructiva (Menu, 2009: 1-3).

1.1 Análisis del material arqueológico

Para este trabajo se han analizado mediante espectroscopia Raman varios fragmentos de ocre, un bloque de caliza y un fragmento de pared desprendido con restos de colorante, por lo que no se ha destruido ninguna muestra para este proceso.

Los análisis Raman de dichos materiales arqueológicos fueron realizados por A. González Gómez y F. Rodríguez González en la facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria con un triple espectrómetro Raman (T 64000) Jobin Yvon, equipado con un microscopio Raman confocal (ver fig. nº 12).

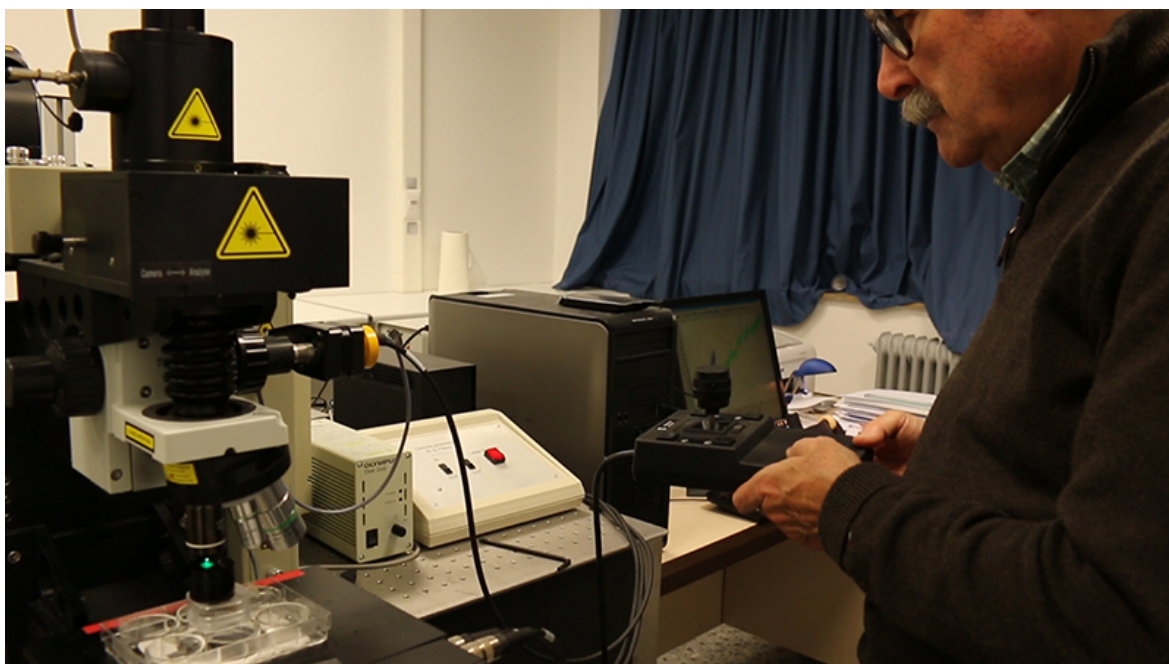


Fig. nº 12. Raman T 64000 del departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada de la facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria.

Fuente: página web de la Universidad de Cantabria.

1.2 Análisis de las representaciones gráficas parietales

El planteamiento original del trabajo incluía realizar también análisis Raman directamente sobre las pinturas de la cueva, es decir, *in situ*, y así conocer más de cerca su composición. Así incluso podríamos comprobar si se añadió algún aglutinante no biológico (los elementos biológicos son mucho más difíciles de analizar por su rápido deterioro).

De esta forma, una vez conocidas las materias primas que se utilizaron para elaborar los colorantes, se podría replicar el procesado de la materia colorante utilizando los mismos materiales.

Pero, como ya se comentó en la introducción del trabajo, a pesar de que se ha obtenido el permiso para realizar análisis con espectroscopia Raman en el interior de la cueva, el acceso se ha visto impedido durante los veranos de 2017 y de 2018 debido a la permanente inundación de la cueva a causa de las lluvias (ver fig. nº 13).



Fig. nº 13. Entrada a la cueva totalmente inundada a finales de septiembre de 2017.

Fuente: D. Cuenca Solana.

2. Experimentación analítica

El objetivo de la experimentación es analizar la forma en la que se obtuvieron y procesaron los ocre empleados en la cueva de La Fuente del Salín. Para ello, se han llevado a cabo distintas técnicas de preparación del pigmento con el fin de comparar la granulometría del producto obtenido tras la experimentación con los restos de pigmento del bloque de caliza y del fragmento de pared encontrados en la excavación de 2016 (González Morales, 2016). Además de realizar el proceso con distintas técnicas de obtención de materia colorante, se han empleado también distintos elementos de utillaje con el objetivo de intentar relacionar ambos aspectos con el propio contexto arqueológico de la cavidad.

2.1 Procedencia y características del ocre empleado para llevar a cabo el programa experimental

Para llevar a cabo la experimentación analítica se ha utilizado ocre procedente de Olmos de Atapuerca (Burgos), puesto que no se ha podido buscar dicha materia prima en el interior de la cueva ya que estaba inundada y en el entorno próximo a la misma apenas se han encontrado unos gramos de ocre. Estos fragmentos de ocre de Olmos de Atapuerca se

analizaron previamente en el Laboratorio de Paleomagnetismo de la Universidad de Burgos con el fin de identificar el mineral o minerales que lo conforman. Mediante una Balanza de Traslación del campo magnético variable (MFTV) y sobre muestra suelta (~ 450 mg) de ambos ocre se midieron por este orden: (i) curvas de adquisición de la magnetización remanente isoterma (IRM, de sus siglas en inglés); (ii) ciclos de histéresis ($\pm 1\text{T}$); (iii) curvas de “backfield” y (iv) curvas termomagnéticas hasta 700°C en aire. Los resultados fueron interpretados con el programa RockMag Analyzer de R. Leonhard (2006). En la figura siguiente (ver fig. nº 14) se muestran los análisis de dos muestras del ocre experimental (ocre 1 y ocre 2). Para que los resultados sean más fácilmente visibles y comparables, los paneles de la izquierda (“a”, “b” y “c”) corresponden a la primera muestra y los paneles de la derecha (“d”, “e” y “f”) a la segunda muestra. En ambos casos, los gráficos “a” y “d” representan las curvas de adquisición progresiva de la magnetización remanente isoterma. Se observa claramente cómo, a pesar de que el campo aplicado es progresivamente mayor (campo máximo de 1 T), la muestra no llega a saturar su magnetización. Esto indica que el principal mineral portador de la remanencia es un mineral de alta coercitividad, como la hematites o la goetita. Los ciclos de histéresis magnética, representados en los gráficos “b” y “e”, muestran ciclos significativamente anchos, lo que indica la contribución dominante de minerales de alta coercitividad. De acuerdo con los resultados de las curvas termomagnéticas, que se muestran en los gráficos “c” y “f”, se trata de hematites (Fe_2O_3) con una alta pureza, ya que tiene temperaturas de Curie (T_c) cercanas a 675°C (Dunlop y Özdemir, 1997).

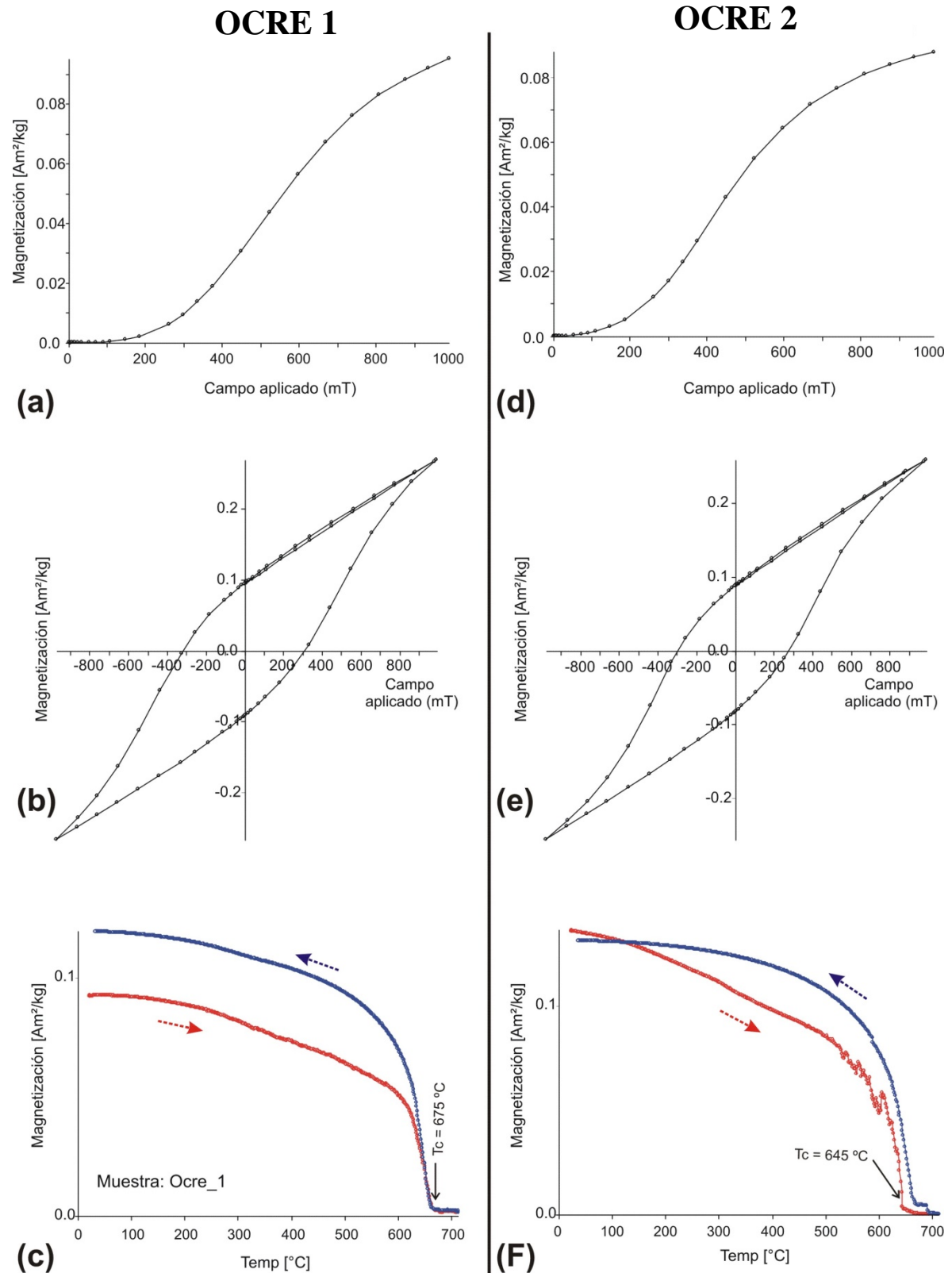


Fig. nº 14. Resultados de los análisis magnéticos del ocre experimental de Olmos de Atapuerca.

Gracias a estos análisis magnéticos se pudo comprobar que los ocre experimentales de Olmos de Atapuerca tienen la misma composición mineralógica que los ocre arqueológicos de la Fuente del Salín, es decir, son hematites.

Es importante comentar que estos análisis se han abordado para evaluar la capacidad diagnóstica de los métodos magnéticos para identificar óxidos de hierro en ocre, comprobando de esta forma que los ocre arqueológicos y los ocre experimentales tienen la misma composición. No obstante, sería conveniente analizar los ocre experimentales mediante espectroscopia Raman, tal y como se hizo con los ocre arqueológicos. Además, hubiese sido interesante emplear ocre que procediesen de la misma fuente de aprovisionamiento, pero como ya se ha mencionado, ha sido imposible lograrlo. En todo caso, los métodos magnéticos son especialmente sensibles para la detección de óxidos de hierro en general, como por ejemplo la hematites. Su potencial combinación con otros métodos arqueométricos como la espectroscopia Raman aquí aplicada, puede ayudar a caracterizar con mayor detalle ocre geológicos y arqueológicos.

2.2 Protocolo experimental

A través de la experimentación analítica se pretende comprender cómo se elaboraron los colorantes utilizados en las representaciones gráficas parietales de la Fuente del Salín, tanto los procesos mecánicos de procesamiento de la materia prima como la composición de las propias representaciones. Para ello se ha llevado el control de diversas variables significativas que intervienen en el proceso de preparación del pigmento para la obtención de materia colorante, tanto no modificables como modificables. Este control de las diversas variables es lo que hace que esta experimentación sea analítica.

Las variables que se van a tener en cuenta en la experimentación son coherentes con el contexto arqueológico, es decir, que se basan en evidencias e hipótesis relacionadas con el marco geográfico y cronológico que en este trabajo se trata. Por ejemplo, se utilizarán lascas de sílex y de cuarcita y lapas de *Patella* puesto que se han documentado la presencia de estos materiales en relación a las representaciones gráficas en algunos yacimientos del área cantábrica.

2.2.1 Variables no modificables

Entendemos por variables no modificables aquellas que no son alteradas durante la experimentación por aquella persona que la realiza, y que derivan de la materia del instrumento y de la materia trabajada (Clemente, 1995; 1997). Por ello, en el caso de este programa experimental, el ocre empleado será una variable no modificable, puesto que solo así se podrá obtener un campo de inferencia (González Urquijo e Ibañez Estévez, 1994: 36) que permita comparar las diferencias granulométricas en el ocre al ser empleadas diferentes técnicas e instrumentos de trabajo. Como se ha comentado en el apartado anterior, el ocre experimental utilizado es una hematites de alta pureza procedente de Olmos de Atapuerca (Burgos) (ver fig. nº 15). Otra variable no modificable son los gramos obtenidos de ocre procesado, de tal forma que podamos comprobar la eficacia de cada uno de los métodos, es decir, cuánto tiempo se dedica con cada método para producir una misma cantidad de producto, en concreto, 10 gramos de ocre.



Fig. nº 15. Fragmento de ocre experimentales antes de ser procesado.

2.2.2 Variables significativas modificables

Las variables modificables son aquellas que sí pueden modificarse durante la experimentación, aquellos factores que influyen significativamente en los resultados del proceso de experimentación (González Urquijo e Ibañez Estévez, 1994: 19). Para esta experimentación se van a poner en práctica tres técnicas para obtener materia colorante, las cuales son: percusión, raspado y decantación. Por otro lado, también se emplearán diversos

útiles para llevar a cabo dichas técnicas. Para la percusión se empleará un canto de cuarcita con el que machacar el ocre sobre un bloque de caliza. Por otro lado, para la técnica de raspado se usarán lascas de sílex, de cuarcita y conchas de *Patella* en tres procesos diferentes, es decir, una vez con cada útil. Por último, la decantación consiste en separar elementos heterogéneos, es decir, en este caso el ocre del agua, y para ello se introducirá en un recipiente con agua ocre ya procesado.

Por su parte, el tiempo de trabajo es un elemento interesante a controlar, ya que nos aporta una idea sobre la efectividad de cada técnica y de cada utillaje empleado, y así poder compararlos. El objetivo es producir 10 gramos de ocre procesado, controlando el tiempo que se necesita para ello en cada una de las técnicas.

Las técnicas implementadas para la obtención del colorante, así como los útiles que se han utilizado en cada una de ellas, son las siguientes:

- **Percusión**

En esta técnica se obtiene el colorante machacando el mineral en bruto con un utensilio concreto, en este caso con un canto de cuarcita de 12 x 10 cm. (ver fig. nº 17). La percusión del ocre para su preparación se va a realizar sobre un bloque de caliza (ver fig. nº 16), semejante al encontrado en la cueva durante la campaña de excavación de 2016 (González Morales, 2016), a modo de metate. Este bloque tiene unas dimensiones de unos 25 x 20 x 17 cm.



Fig. nº 16. Bloque de caliza empleado para el procesado del ocre en las diversas técnicas.



Fig. nº 17. Canto de cuarcita empleado para procesar el ocre mediante percusión.

- **Raspado**

En este caso, el colorante procesado se obtiene mediante el raspado unidireccional o bidireccional de un útil sobre los fragmentos de ocre. Para esta experimentación se han utilizado una lasca de sílex (5x4x1cm.), otra de cuarcita (7x3x1 cm.) y una concha de *Patella* (4x3x2 cm.). Cabe destacar que la concha de *Patella* utilizada es de un tamaño ligeramente más grande de lo habitual, ya que es la más parecida a la variedad que se ha documentado en la Fuente del Salín. Además, de nuevo se ha llevado a cabo el proceso sobre el bloque de caliza.



Fig. nº 18. Lasca de sílex empleada para procesar el ocre mediante la técnica de raspado.



Fig. nº 19. Lasca de cuarcita empleada para procesar el ocre mediante la técnica de raspado.



Fig. nº 20. Concha de *Patella* empleada para procesar el ocre mediante la técnica de raspado.

- **Decantado**

Se trata de un método físico que consiste en separar elementos heterogéneos, en este caso un sólido (ocre) de un líquido (agua). Para ello deberemos previamente pulverizar los fragmentos de ocre para después introducirlo en un recipiente con agua y dejar que el material se decante por medio de la acción gravitacional. Después, se procede a eliminar el agua y dejar secar el mineral para obtener el polvo. El proceso se ha llevado a cabo dos veces, la primera utilizando ocre machacado mediante la técnica de percusión y la segunda mediante el raspado. Por lo tanto, este proceso tiene dos fases, una primera en la que se lleva la acción mecánica de machacar o raspar el ocre, y una segunda en la que se lleva a cabo la acción física del decantado. En cada repetición del proceso se ha empleado el mismo recipiente y la misma fuente de aprovisionamiento de agua.

Tanto en la percusión como en el raspado previo a la decantación se han utilizado los mismos útiles (canto de cuarcita y lasca de sílex) que en los métodos anteriormente explicados.

VI. RESULTADOS

Una vez llevados a cabo el análisis Raman del material arqueológico y de haber completado la experimentación analítica, se presentan aquí los resultados obtenidos en cada uno de los procesos y, así, posteriormente, poder relacionarlos y discutir sobre ellos, tal y como se hará en el apartado siguiente.

1. Análisis mediante espectroscopia Raman

Tal y como se explicó en el apartado de “material y método”, se analizaron mediante espectroscopia Raman algunos de los materiales que se recuperaron en la campaña de excavación de 2016 en la Fuente del Salín, es decir, varios fragmentos de ocre, un bloque de caliza con restos de pigmento y un pequeño fragmento de pared desprendida con colorante aplicado (González Morales, 2016).

1.1 Análisis del material arqueológico

1.1.1 Fragmentos de ocre

Se han analizado mediante espectroscopia Raman 9 fragmentos de ocre, con un tamaño medio de unos 2-3 centímetros. En el gráfico (ver fig. nº 21) se puede observar el total de los 14 espectros Raman resultante del análisis de cada una de las muestras de los fragmentos de ocre.

Todos los fragmentos de ocre analizados son hematita (Fe_2O_3), siendo los picos 225, 249, 290, 409, 500, 615 y 660 cm^{-1} los que caracterizan a este material. Sin embargo, en los espectros 6 y 14, además de los picos característicos de la hematita, aparecen tres picos diferentes ($128, 206\text{ y }464\text{ cm}^{-1}$), los cuales corresponden al cuarzo alfa (SiO_2). Este es el cuarzo más común que se puede encontrar en la corteza terrestre, puesto que se da en temperaturas inferiores a 573°C . Presenta una estructura cristalina llamada sistema trigonal o romboédrico, es decir, que está formado por dos pirámides de seis caras opuestas, de tamaño ligeramente diferente, y separadas por un prisma hexagonal (Wright y Lehmann, 1981: 371).

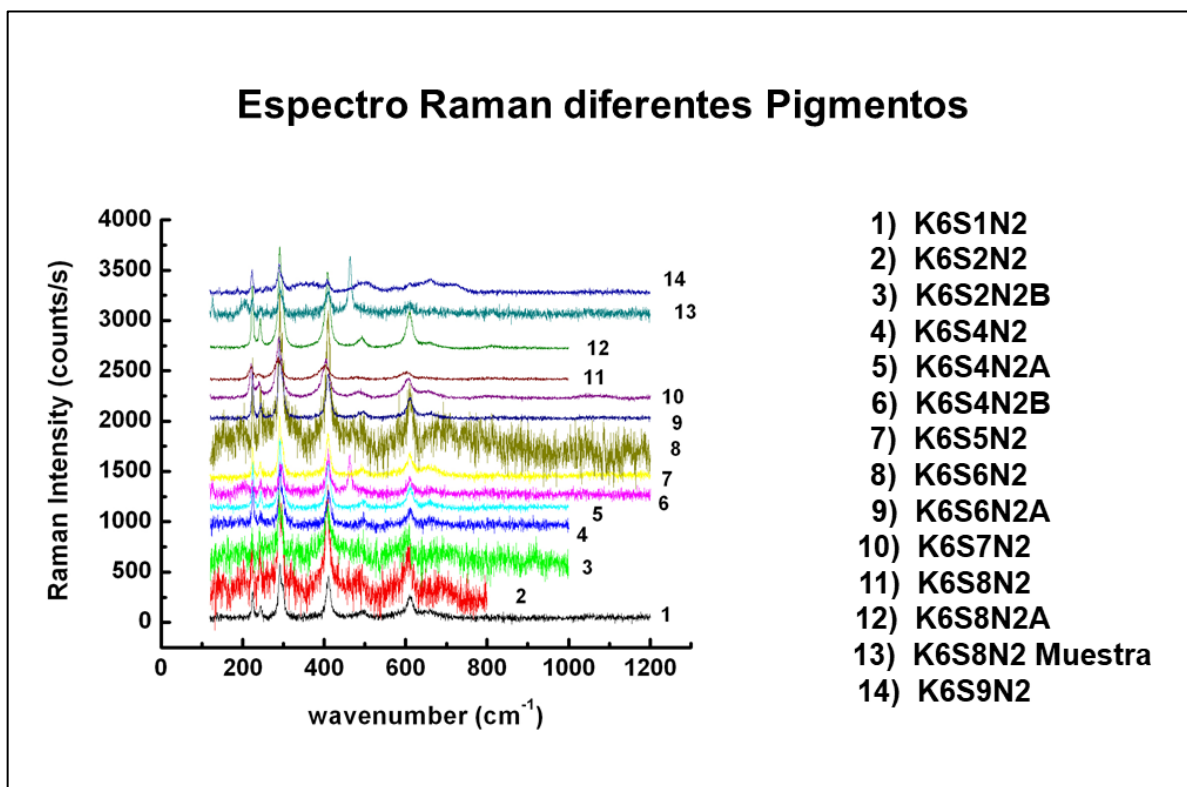


Fig. nº 21. Gráfico de análisis de espectroscopia Raman sobre diferentes restos de ocre.

Fuente: J. A. González Gómez y F. Rodríguez González (Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria).

El espectro 13 corresponde al análisis de una estría de coloración rojo intenso presente en el fragmento de ocre K6S8N2 que, a diferencia del espectro 12 que corresponde al área de coloración más oscura del mismo fragmento, presenta una tensión residual. Se planteó la posibilidad de que esta tensión fuese resultado del calentamiento de la muestra a causa de la potencia del láser, por lo que se redujo la potencia para comprobar si se obtenían los mismos resultados. Al observar que el espectro seguía siendo el mismo, quedó comprobado que esa tensión superficial se debe, o bien a cambios de concentración en la materia o bien a la acción mecánica, es decir, al uso del fragmento de ocre.

Por otra parte, el fragmento K6S2N2 presentaba una mancha blanca la cual parecía ser un fragmento de concha. Para poder asegurarlo, fue analizada (espectro nº2 – fragmento K6S2N2a), dando como resultado la presencia de carbonato cálcico (CaCO_3) en dos formas cristalinas diferentes: calcita y aragonito. Tanto la calcita, como el aragonito, junto con la vaterita, son tres formas en las que puede encontrarse el carbonato cálcico tanto en

estalactitas como en conchas de casi todos los moluscos y esqueletos de corales (Wright y Lehmann, 1981). Además de esto, en la superficie de la concha se apreciaba una mancha negra que resultó ser grafito desordenado (C) (ver fig. nº 22). El grafito existe en multitud de yacimientos naturales en la corteza terrestre, concretamente en las rocas metamórficas debido a la transformación del carbono de la materia orgánica presente en el elemento original (Wright y Lehmann, 1981).

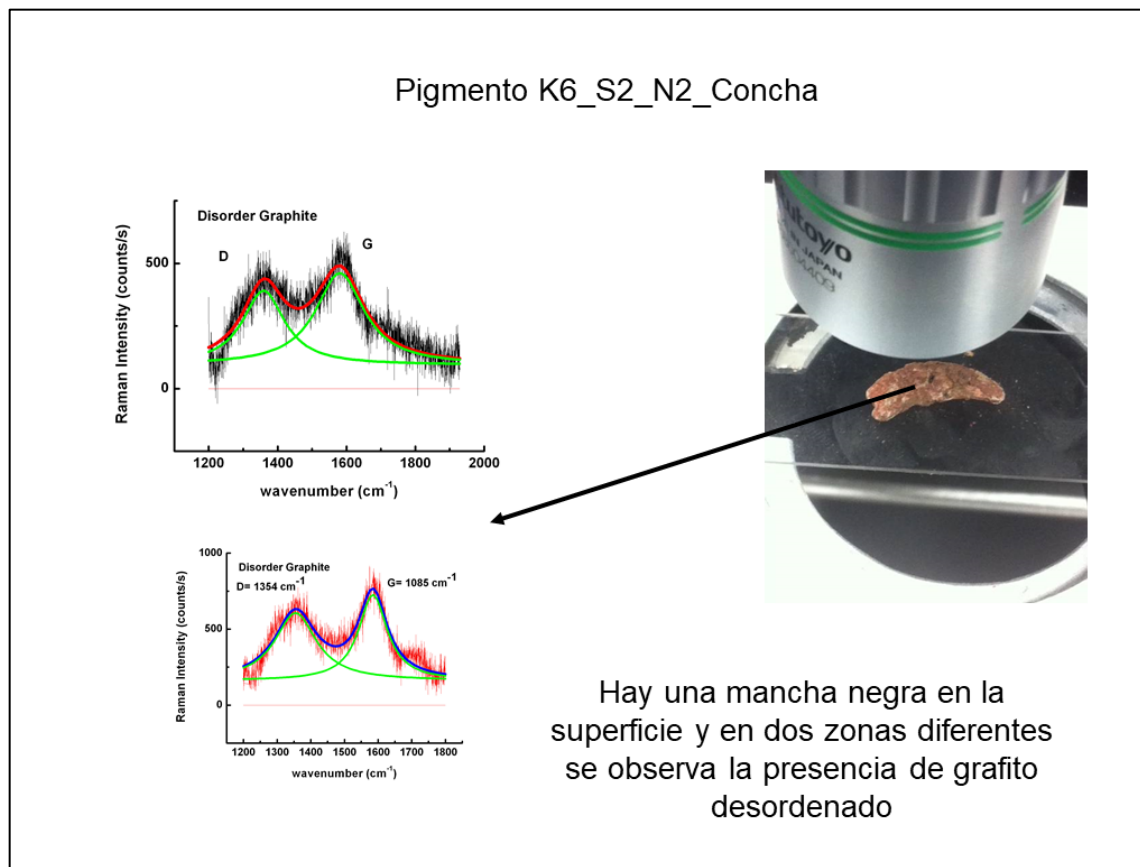


Fig. nº 22. Gráfico de análisis de espectroscopia Raman sobre un fragmento de concha que estaba incrustado en el ocre K6S2N2.

Fuente: J. A. González Gómez y F. Rodríguez González (Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria).

1.1.2 Bloque de caliza

Sobre el bloque de caliza (ver fig. nº 23), el cual presenta una mancha roja en el centro como si se hubiese procesado el colorante sobre él a modo de metate, se realizaron análisis Raman tanto en el área sin pigmento como en el área manchada por pigmento. El análisis del área con pigmento dio como resultado la presencia única de hematita, igual a la de los fragmentos de ocre. Por su parte, los análisis del área sin pigmento, es decir, de la piedra en sí misma, muestran la presencia de una costra sobre la caliza compuesta por cuarzo (SiO_2) y calcita (CaCO_3), la base para la formación de una estalagmita.

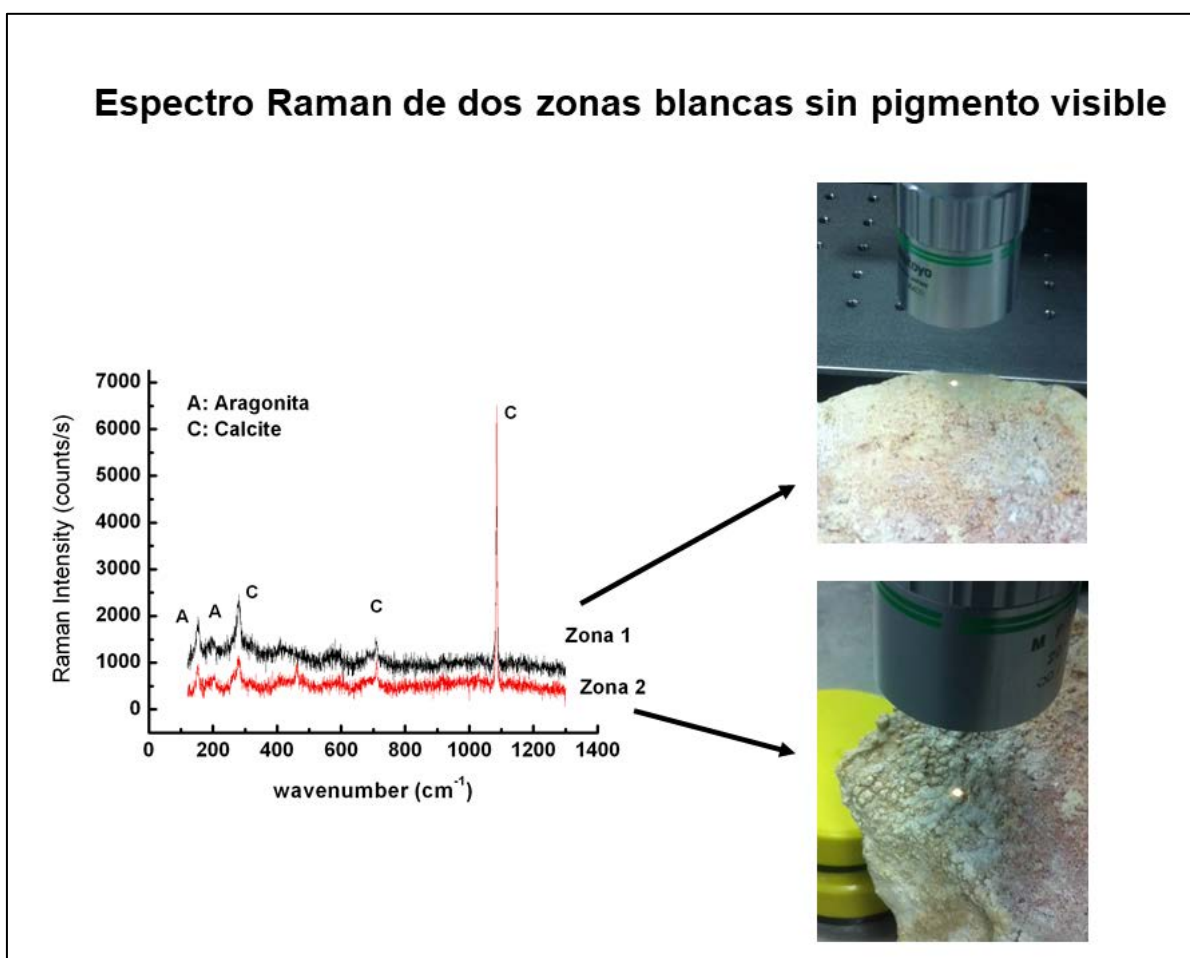


Fig. nº 23. Gráfico de análisis de espectroscopia Raman sobre áreas sin pigmento del bloque de caliza.

Fuente: J. A. González Gómez y F. Rodríguez González (Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria).

Se realizaron análisis en dos zonas diferentes del área sin pigmento, como hemos visto en el gráfico de la figura anterior (ver fig. nº 23). Y, además, sobre la zona 2 se realizaron tres análisis a distinta frecuencia para conocer con mayor precisión los elementos que la componen.

En el análisis realizado a baja frecuencia (ver fig. nº 24) se aprecia la presencia de cuarzo, aunque también pudiera haber algo de carbonato de manganeso (MnCO_3), reflejado en el pico 187 cm^{-1} .

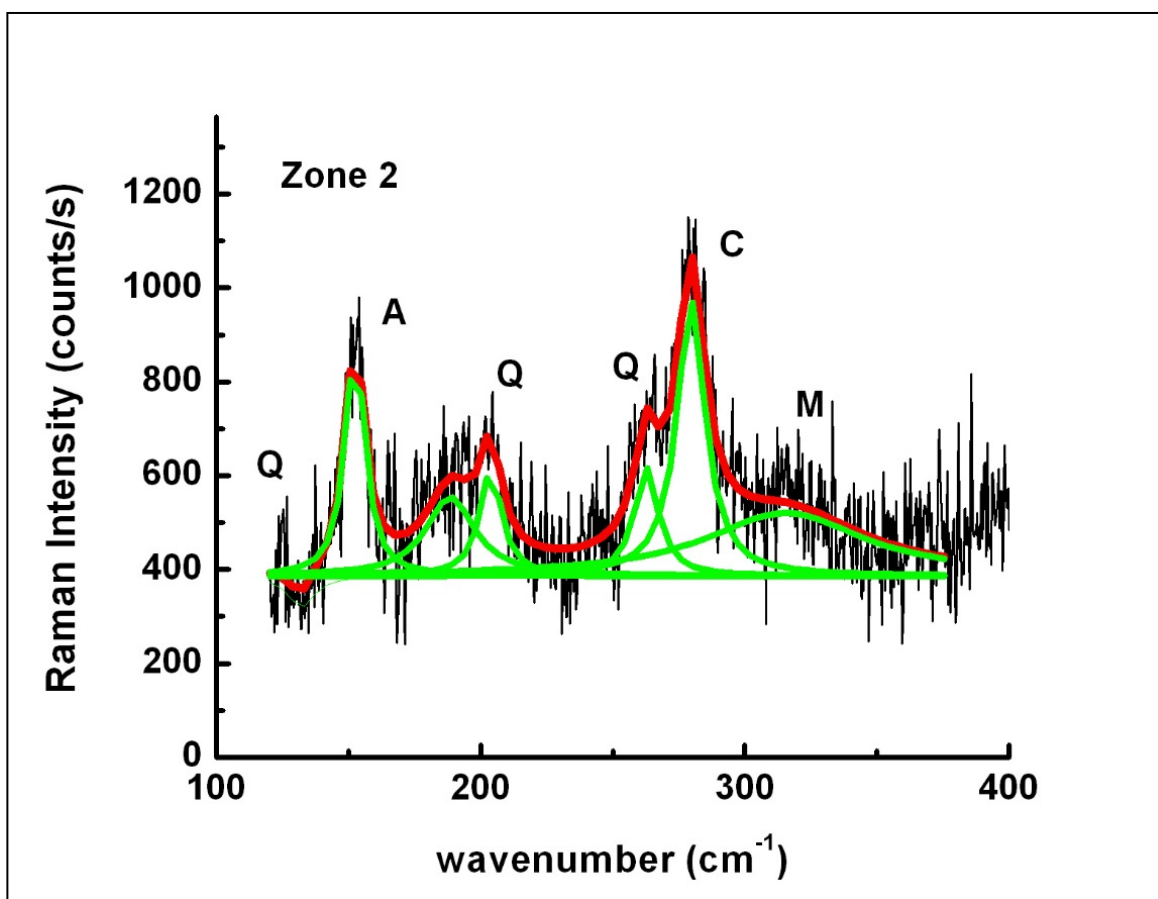


Fig. nº 24. Espectro Raman del análisis a baja frecuencia de la “Zona 2” del bloque de caliza.

Fuente: J. A. González Gómez y F. Rodríguez González (Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria).

El análisis de esa misma área (“Zona 2”) a frecuencia media proporcionó el resultado de la presencia de cuarzo y calcita (ver fig. nº 25 y fig. nº 26), prácticamente igual que en la “Zona 1”.

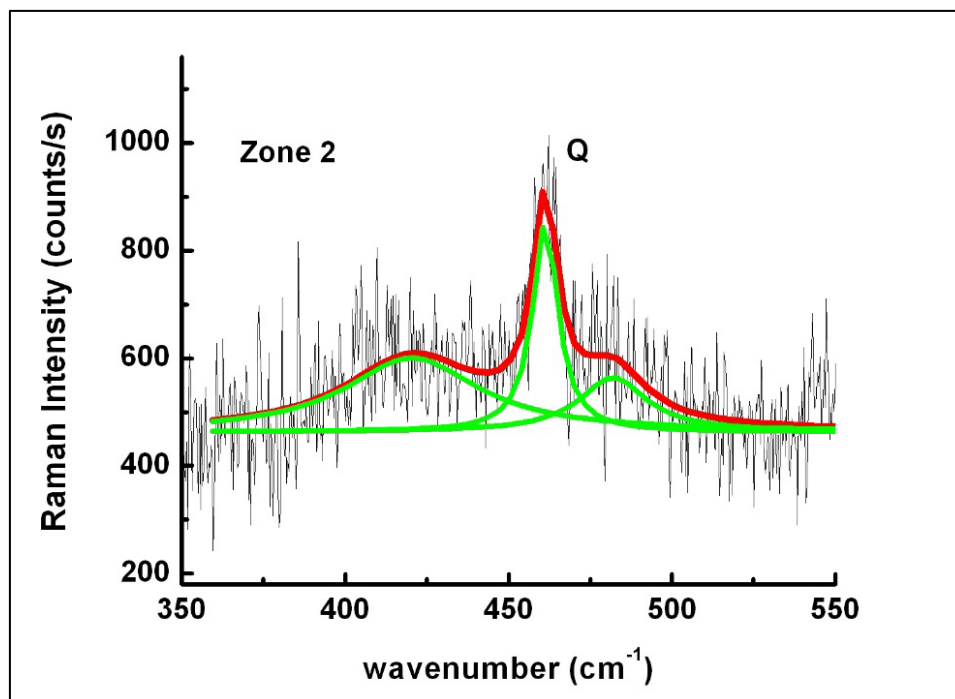


Fig. nº 25. Espectro Raman del análisis a media frecuencia de la “Zona 2” del bloque de caliza.

Fuente: J. A. González Gómez y F. Rodríguez González (Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria).

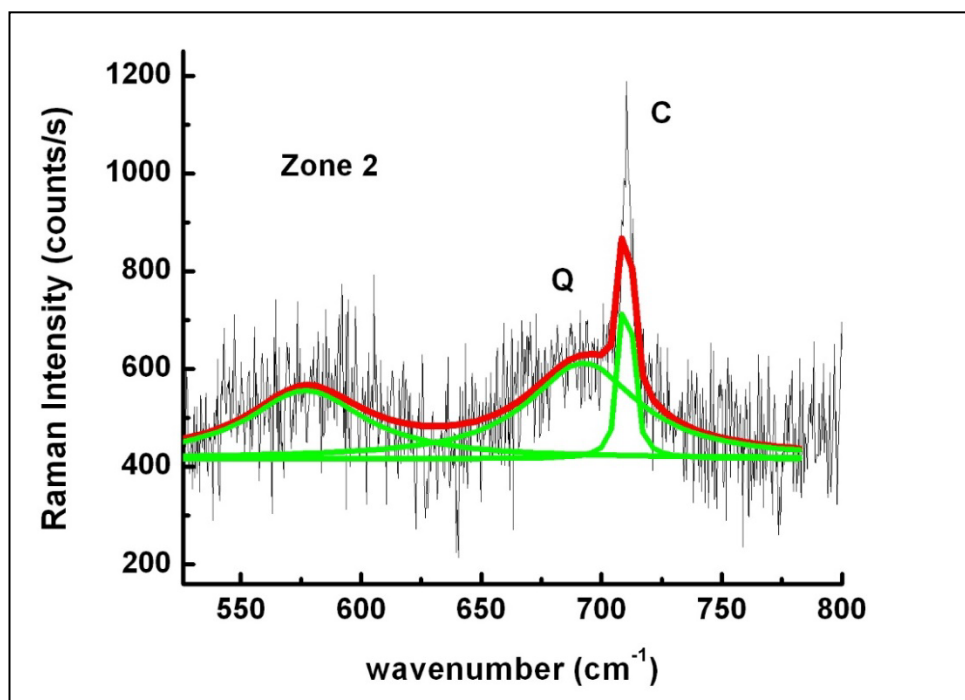


Fig. nº 26. Espectro Raman del análisis a media frecuencia de la “Zona 2” del bloque de caliza.

Fuente: J. A. González Gómez y F. Rodríguez González (Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria).

Por último, el análisis a alta frecuencia (ver fig. nº 27) muestra la existencia de calcita, que, como se ha comentado anteriormente, es la base para la formación de estalagmitas, y por ello tiene una composición muy similar a la pared de la cueva.

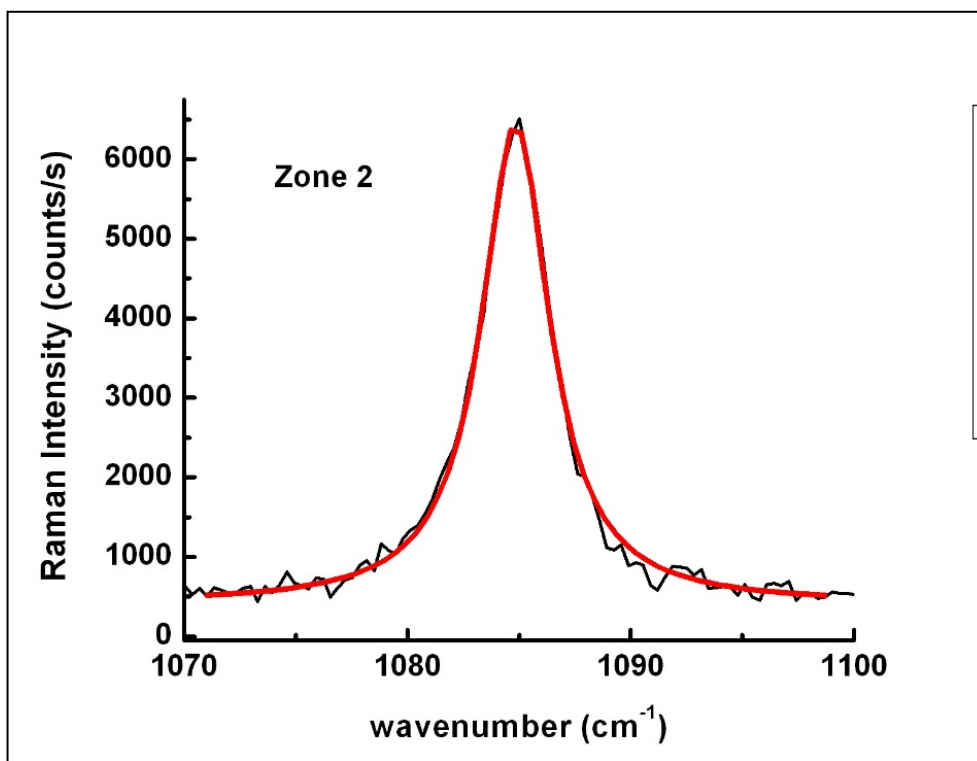


Fig. nº 27. Espectro Raman del análisis a alta frecuencia de la “Zona 2” del bloque de caliza.

Fuente: J. A. González Gómez y F. Rodríguez González (Facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria).

1.1.3 Fragmento de pared

Sobre el fragmento de pared (ver fig. nº 10) se realizaron varios análisis diferentes, tanto en áreas con pigmento como en áreas sin pigmento, pero la posible humedad existente en el fragmento de pared impidió que se obtuviesen resultados claros, ya que los espectros generados tenían mucho ruido.

El primero de los análisis sobre pigmento (Pared_A) mostró una mezcla de óxidos: magnetita (Fe_3O_4) y hematita (Fe_2O_3). Los siguientes análisis en áreas con pigmento (Pared_C, Pared_D y Pared_E) mostraron también la presencia de magnetita y hematites, pero aún con más presencia del primero de ellos.

El análisis (Pared_B) que se realizó sobre un área sin pigmento de la parte frontal del fragmento de pared desprendido, dio como resultado la presencia de carbonato cálcico en forma de aragonito, tal y como había aparecido anteriormente sobre el bloque de caliza. La presencia de aragonito puede deberse a posibles costras estalagmíticas de la pared o a la existencia de polvo de concha de molusco. Por último se realizó un análisis sobre la parte trasera del fragmento de pared (Pared_L). Los resultados muestran una baja presencia de magnetita y aragonito. La magnetita tal vez pudiera proceder de la pared o de los restos de pigmento; y el aragonito, el cual es muy escaso, lo más probable es que sea una pequeña costra estalagmítica que se haya comenzado a formar sobre el fragmento de pared desprendido, o bien que provenga de la superficie de la pared de la cueva.

2. Resultados de la experimentación analítica

A través de la experimentación analítica se ha pretendido conocer cómo se procesaron los pigmentos de las representaciones gráficas de la cueva de La Fuente del Salín. Para ello se han procesado fragmentos de hematites mediante distintas técnicas, comparando así la granulometría del ocre procesado mediante la experimentación con el ocre arqueológico.

Las muestras experimentales fueron analizadas mediante una lupa binocular Leica S8APO, a la que estaba incorporada una cámara Leica MC190HD de 10 megapíxeles, todo ello vinculado al software Leica LAS Versión 4.8. De cada muestra se han realizado tres fotografías, dos a 20X, de las cuales una contiene la medición de los granos del ocre procesado, y una a 10X de carácter más general. Para realizar la medición de los granos generados, se ha seleccionado una muestra de ocre aleatoria en la cual se ha medido el grano de mayor tamaño, uno de tamaño medio y uno de los granos más pequeños. Se debe tener en cuenta que la medida de los granos de menor tamaño es aproximada debido a la dificultad de medir una partícula tan pequeña.

A continuación se muestran una lámina que reúne las fotografías generadas a 20X y las fotos a 10X, todas ellas tomadas bajo las mismas condiciones de luz. Posteriormente, se desarrollarán los resultados referentes a la granulometría, la efectividad y la colorimetría de cada uno de los experimentos realizados. En el apartado de Anexos (del 2 al 7) están recogidas las fotografías tomadas cada dos minutos durante cada uno de los procesos técnicos llevados a cabo en esta experimentación analítica.

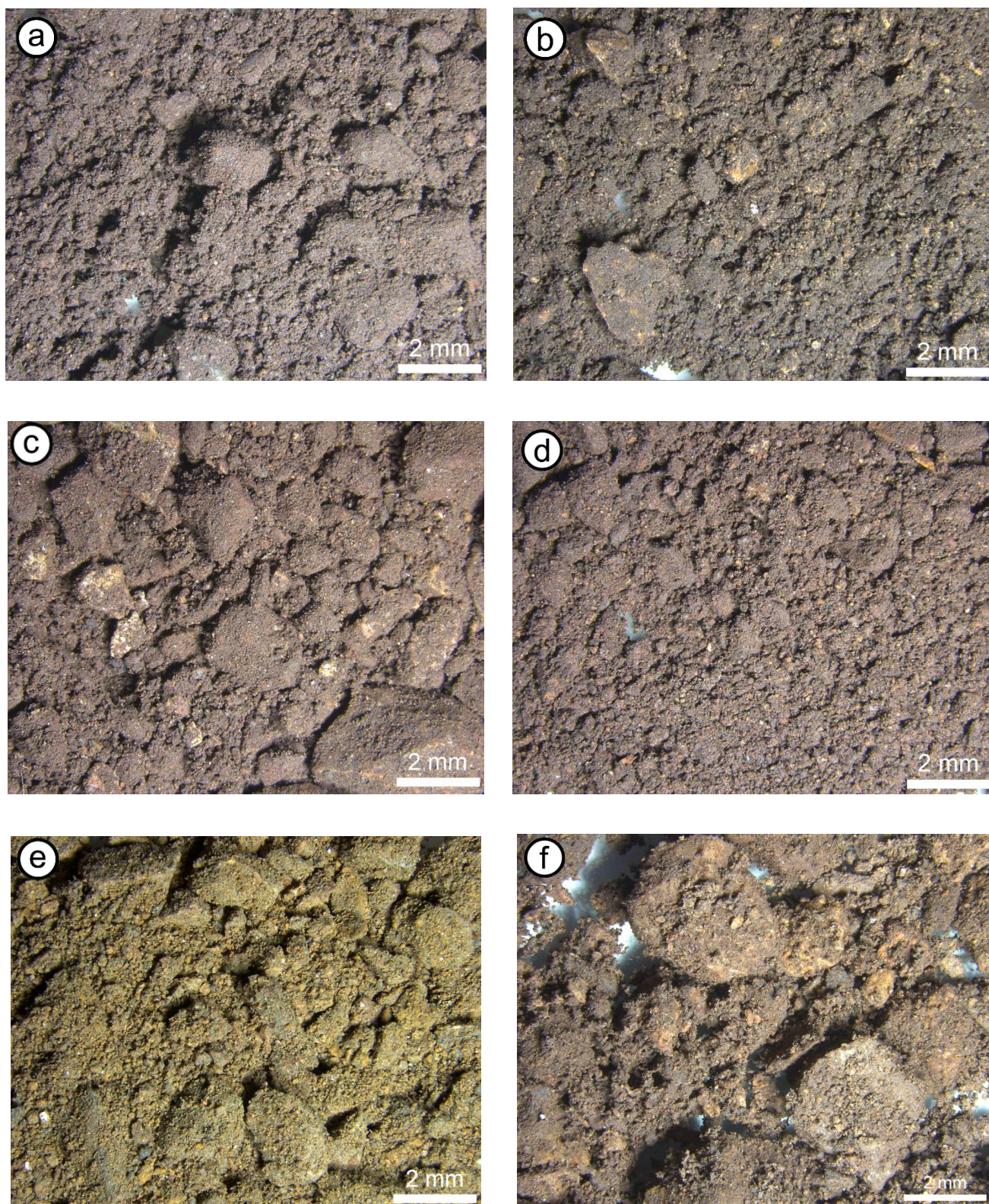


Fig. nº 28. Visión general de los granos de ocre generados en cada una de las técnicas de la experimentación analítica: a) percusión; b) raspado con lasca de sílex; c) raspado con lasca de cuarcita; d) raspado con concha de *Patella*; e) decantado tras percusión; f) decantado tras raspado con lasca de sílex. Fotografías a 10X.

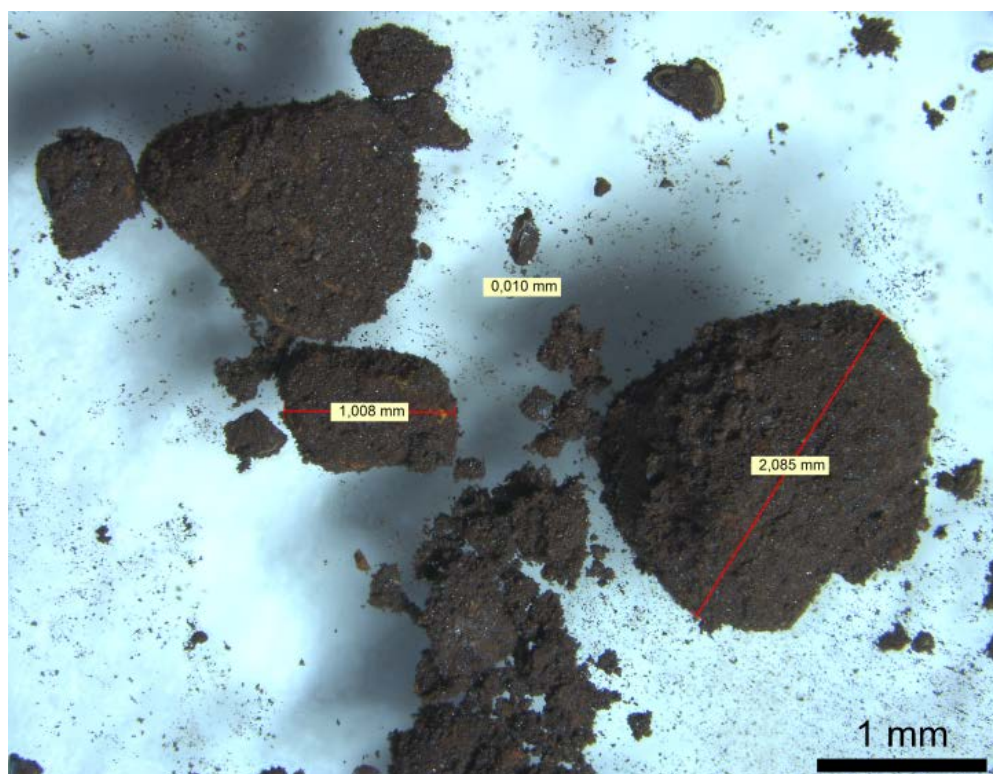


Fig. nº 29. Granos generados con la técnica de percusión. Fotografía a 20X.

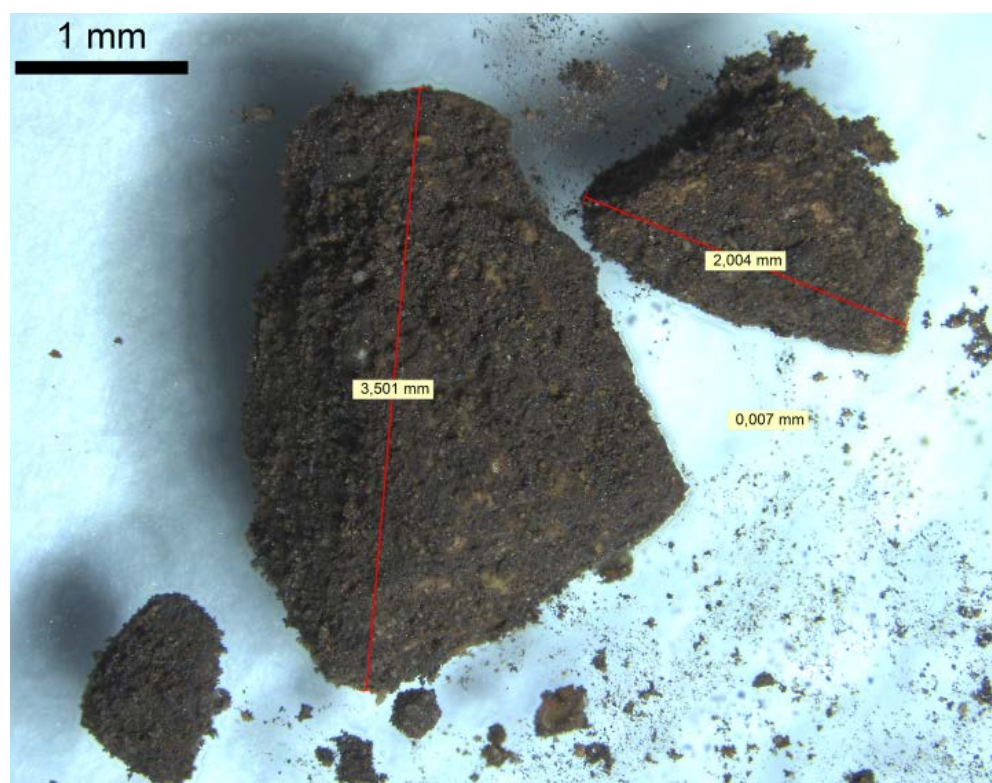


Fig. nº 30. Granos generados con la técnica de raspado con lasca de sílex. Fotografía a 20X.

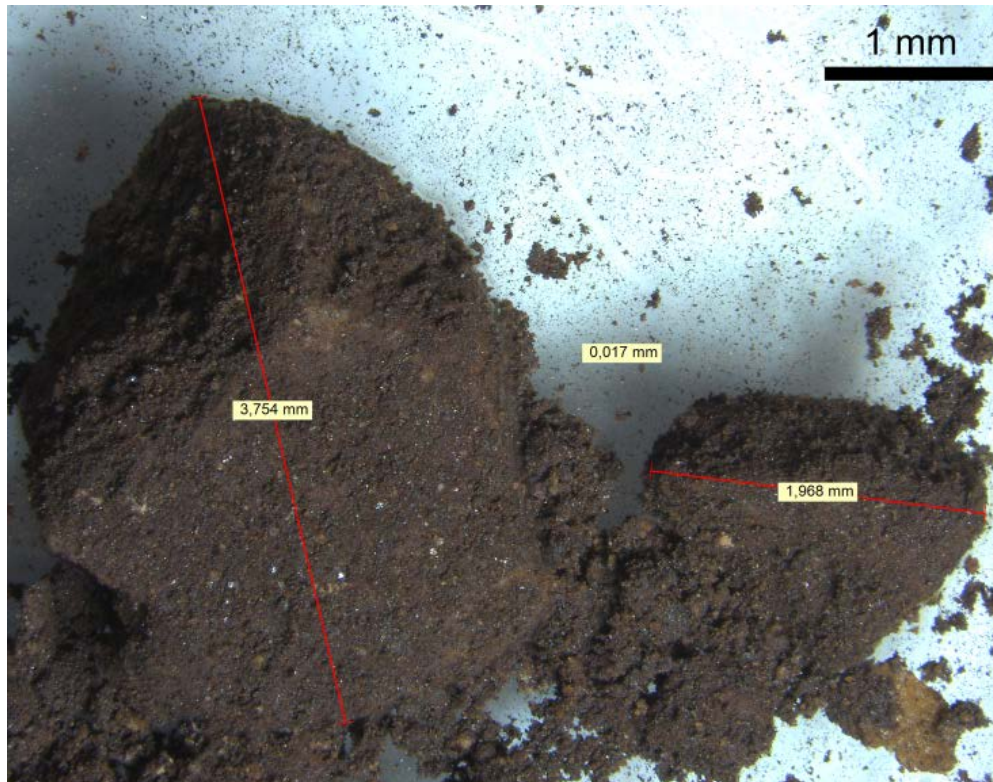


Fig. nº 31. Granos generados con la técnica de raspado con lasca de cuarcita.
Fotografía a 20X.

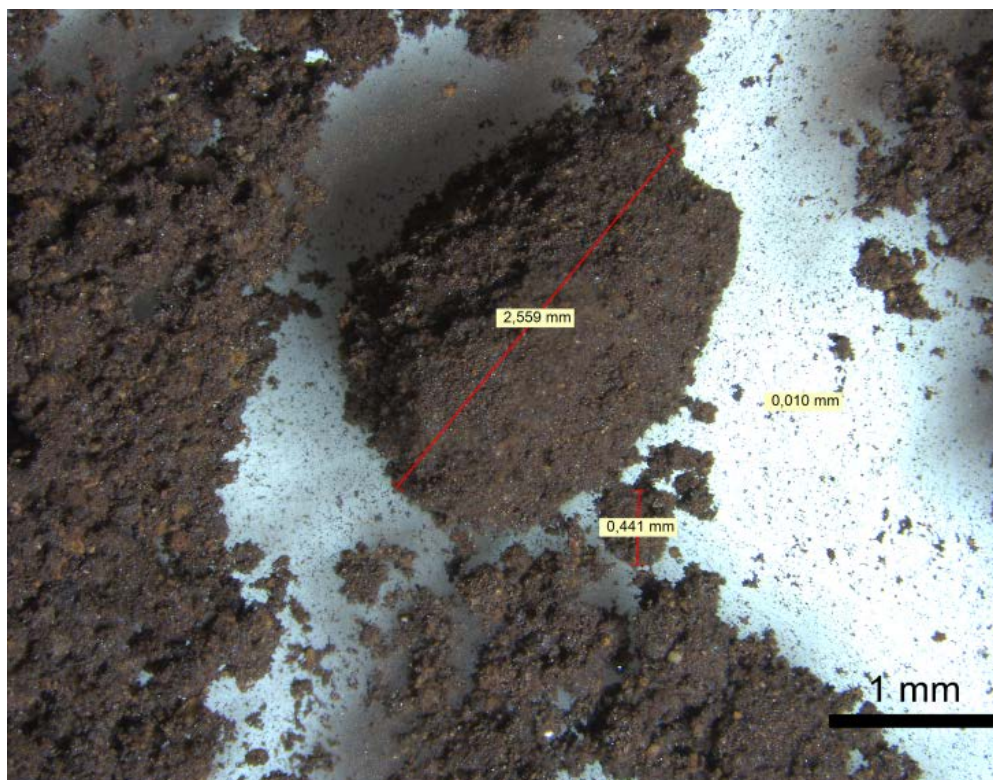


Fig. nº 32. Granos generados con la técnica de raspado con concha de *Patella*.
Fotografía a 20X.

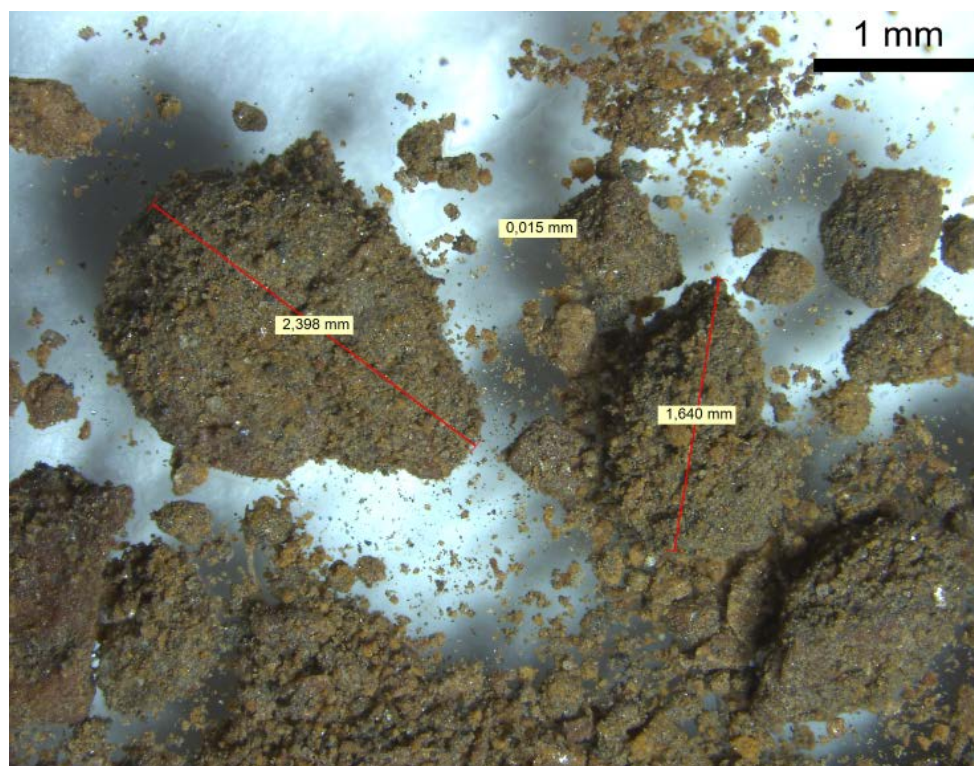


Fig. nº 33. Granos generados con la técnica de decantado tras percusión. Fotografía a 20X.

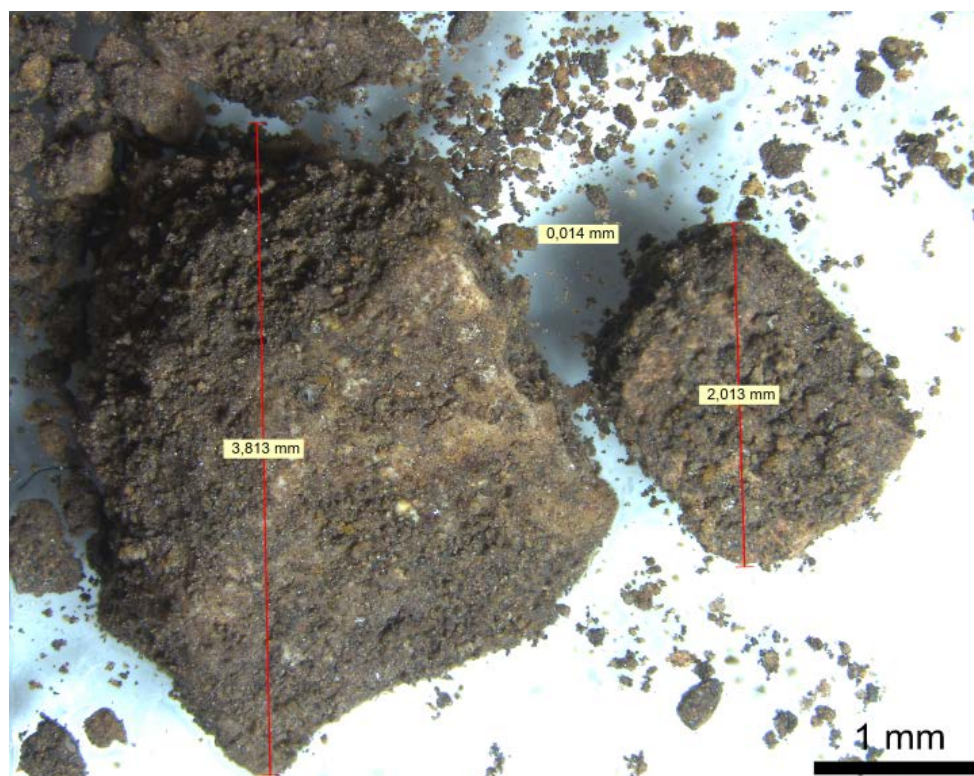


Fig. nº 34. Granos generados con la técnica de decantado tras raspado con lasca de sílex. Fotografía a 20X.

Para poder comparar el tamaño de los granos de las muestras de las diferentes técnicas que se han llevado a cabo para procesar el ocre, se ha elaborado una tabla en la que se incluyen las medidas de los granos de mayor tamaño, los medianos y los de menor tamaño, así como la media de los granos medidos en cada muestra. Al haberse medido solo tres de los granos de cada muestra (el de mayor tamaño, uno mediano y uno pequeño), dicha media no es representativa del tamaño medio de todo el ocre procesado en cada muestra, pero ayuda a comparar la granulometría de las diferentes técnicas. De esta forma, se han ordenado las técnicas en función del tamaño medio de los granos, de menor a mayor tamaño.

Técnica de procesamiento del ocre	Tamaño del grano mayor (mm.)	Tamaño del grano mediano (mm.)	Tamaño del grano pequeño (mm.)	Media de los granos (mm.)
Raspado con concha de <i>Patella</i>	2'559	0'441	0'010	1'003
Percusión	2'085	1'008	0'010	1'034
Decantación tras percusión	2'398	1'640	0'015	1'351
Raspado con lasca de sílex	2'501	2'004	0'007	1'837
Raspado con lasca de cuarcita	3'754	1'988	0'017	1'919
Decantación tras raspado	3'813	2'013	0'014	1'946

Tabla nº 2. Resultados del análisis de granulometría realizado sobre el material procedente de la experimentación analítica.

Se puede observar cómo la medida de los granos de menor tamaño no interfiere en el orden de las distintas técnicas en función de la media, puesto que en todas las técnicas se ha llegado a generar cierta cantidad de polvo de unas medidas entre 0'007 y 0'015 mm.

En cuanto a la efectividad de las técnicas, éstas deben compararse en función del tiempo empleado y el grano generado, es decir, cuanto menos tiempo se necesite en generar un grano fino, más eficaz será la técnica en cuestión. Se debe recordar que en cada técnica se ha buscado obtener 10 gr. de ocre procesado, y que se ha llevado a cabo cada técnica hasta que se ha apreciado que el grano no disminuía de tamaño.

Por ello, a continuación se muestra una tabla en la que se han ordenado las técnicas en función del tiempo empleado en cada una de ellas. Se debe tener en cuenta que a los tiempos de las técnicas de decantado habría que añadirles el tiempo que pasen sumergidos en agua hasta la evaporación de la misma.

Técnica de procesado de ocre	Tiempo empleado (min.)
Percusión	8
Decantado tras percusión	10
Raspado con lasca de cuarcita	18
Decantado tras raspado	18
Raspado con concha de <i>Patella</i>	22
Raspado con lasca de sílex	30

Tabla nº 3. Tiempo dedicado durante el desarrollo del programa experimental para obtener 10 gr. de ocre mediante las diferentes técnicas de procesado.

Por último, antes de proceder a desarrollar los resultados de la experimentación analítica de cada una de las técnicas llevadas a cabo, se va a mostrar el análisis colorimétrico del ocre en bruto experimental gracias a la tabla Munsell de suelos (Munsell Soil Color Book, 2013). De esta forma, después podremos ver las variaciones de color de las diferentes muestras experimentales con respecto al ocre original. El color correspondiente al ocre en bruto es el 2.5YR 3/2.

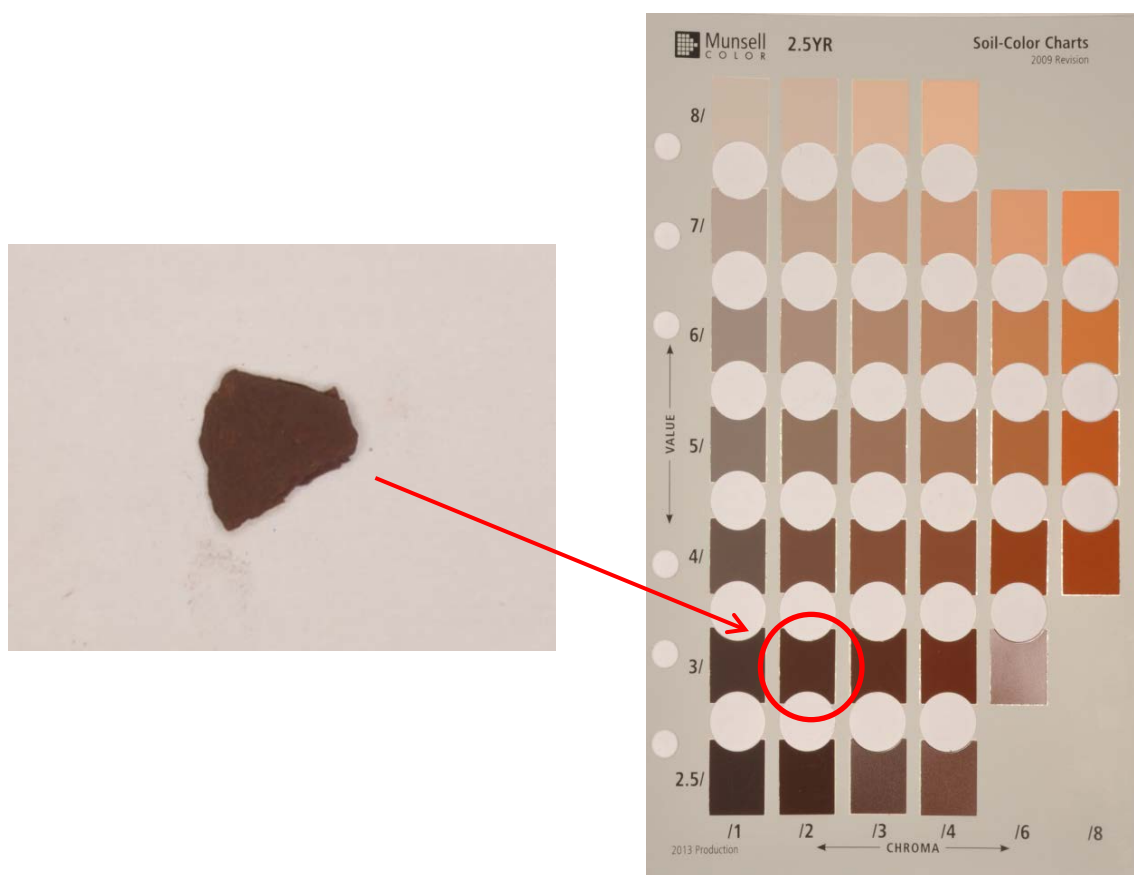


Fig. nº 35. Fragmento de ocre experimental en bruto (izq.) y tabla 2.5YR Munsell de suelos (drch.).

Fuente: (Munsell Soil Color Book, 2013).

2.1 Percusión

Para este proceso se ha utilizado un canto de cuarcita para machacar el mineral sobre un bloque de piedra caliza. Debido a la dureza del mineral, la percusión ha resultado ser la técnica más sencilla y práctica, como se verá reflejado en el tiempo empleado para producir los 10 gramos de ocre procesado.



Fig. nº 36. Canto de cuarcita después de haber sido utilizado en la técnica de percusión.



Fig. nº 37. Bloque de caliza sobre el que se ha procesado el ocre mediante todas las técnicas.

- Granulometría

Con respecto al tamaño de los granos, esta es la técnica en la que los granos de mayor tamaño son los más pequeños en comparación con el resto de técnicas, en concreto, 1'728mm. más pequeño que el grano de mayor tamaño generado en la experimentación analítica. En la muestra analizada a través de la lupa binocular a 20X (ver fig. nº 29) se puede apreciar que el grano de mayor tamaño mide 2'085mm., uno de los de tamaño medio 1'008mm. y los de menor tamaño 0'0010mm. Además de esto, en la imagen tomada a 10X (ver fig. nº 28) puede apreciarse que, en conjunto, no es esta técnica la que genera el grano más fino, pero sí una de ellas.

- Efectividad

Esta técnica es la más eficaz de todas, ya que genera 10 gramos de ocre en apenas 8 minutos, mucho menos que con el resto de técnicas, además de que en ese tiempo se ha generado un grano bastante fino. Se debe tener en cuenta que lo más probable es que también influya en este aspecto la fuerza de quien lo realiza y la rapidez de trabajo.

- Colorimetría

Tras haber comparado la muestra experimental con la tabla Munsell de suelos, se ha determinado que el color correspondiente es el 5R 3/2.

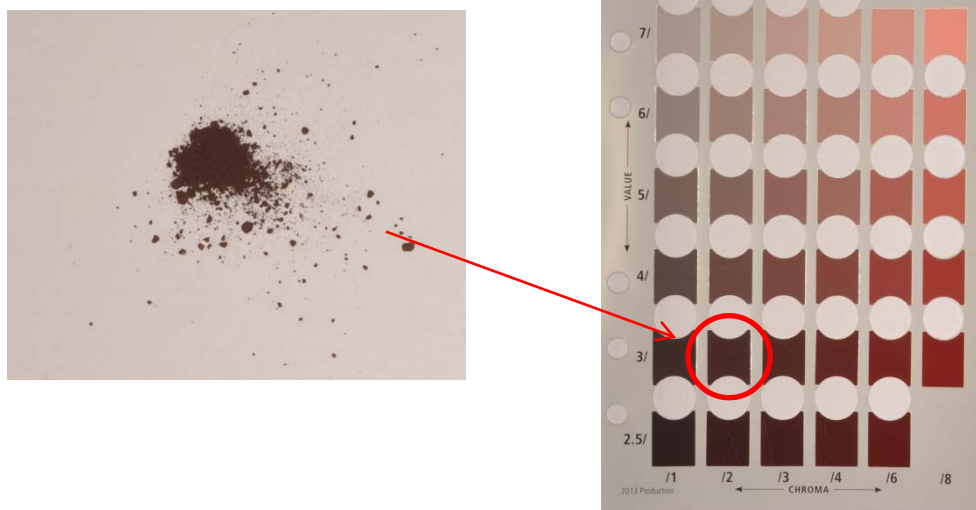


Fig. nº 38. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de percusión.

Fuente: (Munsell Soil Color Book, 2013).

2.2 Raspado

Debido a la dureza del mineral y al tamaño original del mismo (2-3 centímetros), resultaba imposible deshacer los fragmentos directamente mediante el raspado, por lo que durante el primer minuto se tuvo que recurrir a la percusión, es decir, al machacado del ocre para generar unos fragmentos que posteriormente pudiesen ser trabajados mediante el raspado.

2.2.1 Raspado mediante lasca de sílex



Fig. nº 39. Lasca de sílex tras haber sido utilizada en la técnica de raspado.

- Granulometría

Esta técnica ha generado unos granos de tamaño medio en comparación con el resto de técnicas. En la muestra seleccionada para la fotografía tomada a 20X a través de la lupa binocular (ver fig. nº 30) se puede observar que el grano de mayor tamaño mide 3'501mm., mientras que uno de tamaño medio mide 2'004mm. y uno de los más pequeños 0'007mm. Sin embargo, mientras que en la imagen a 20X sí parece que el grano generado en esta técnica es mayor que en la percusión, en la imagen a 10X (ver fig. nº 28) parecen bastante similares, pudiendo llegar incluso a parecer que es más fino el ocre procesado mediante el raspado con sílex.

- Efectividad

Esta técnica requiere un empleo de trabajo de unos 30 minutos, un tiempo mucho superior al empleado en el resto de técnicas, incluso superior al requerido en los experimentos de raspado con cuarcita y con concha de *Patella*. Por lo tanto, no resulta una técnica demasiado efectiva, puesto que se ha dedicado mucho tiempo para generar un grano de tamaño medio.

- Colorimetría

El color correspondiente en la tabla Munsell de la muestra de ocre experimental procesado a través de la técnica de raspado con lasca de sílex es el 2.5YR 2.5/3.

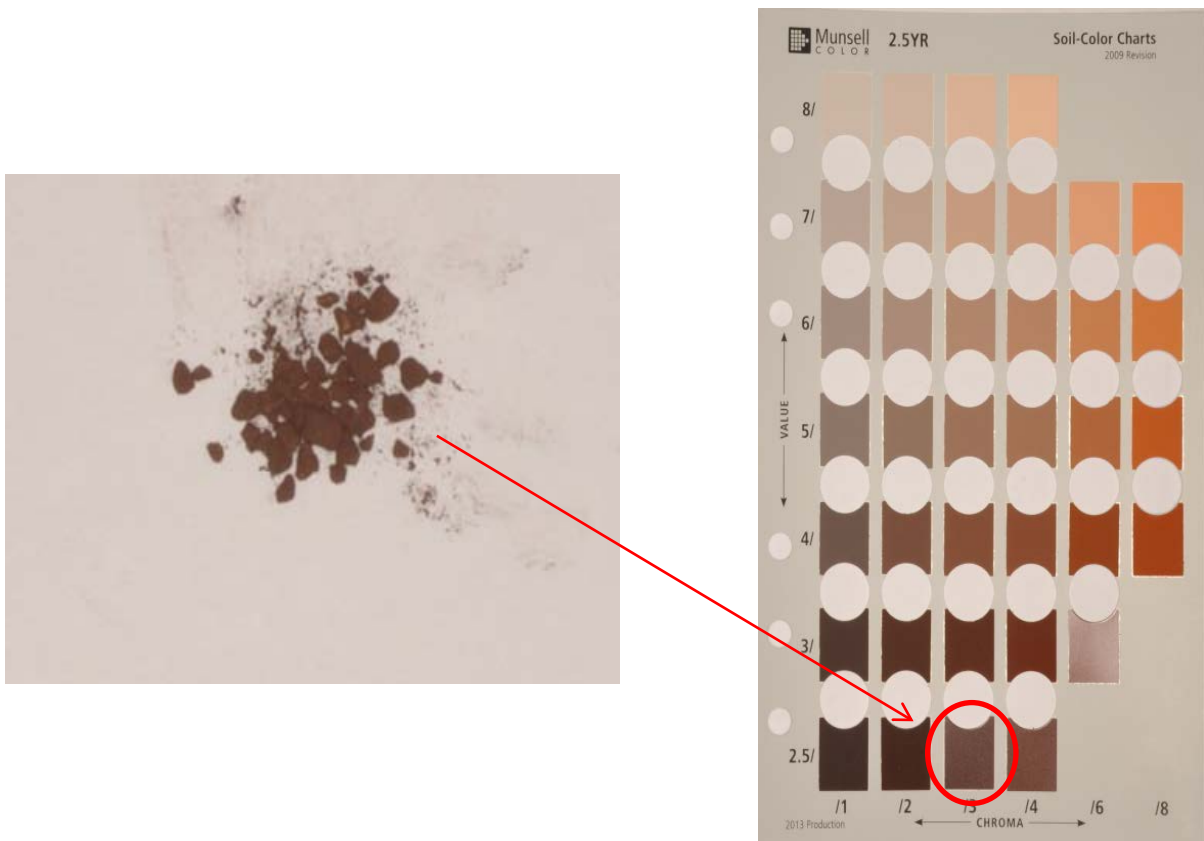


Fig. nº 40. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de raspado con lasca de sílex.

Fuente: (Munsell Soil Color Book, 2013).

2.2.2 Raspado mediante lasca de cuarcita



Fig. nº 41. Lasca de cuarcita tras haber sido utilizada en la técnica de raspado.

- Granulometría

La técnica de procesado del ocre a través del raspado del mismo con una lasca de cuarcita no genera un grano realmente fino, de hecho, esta técnica genera el segundo grano más grueso de todos los elaborados a raíz de esta experimentación. En la imagen a 20X (ver fig. nº 31) se registró que el grano más grande medía 3'754 mm, mientras que el mediano medía 1'988mm., casi tanto como el grano de mayor tamaño del ocre procesado mediante percusión, y que el grano de menos tamaño medía aproximadamente 0'017mm. En este caso, en la imagen tomada a 10X (ver fig. nº 28) concuerda con la muestra de la fotografía a 20X, ya que se aprecia una gran presencia de granos de gran tamaño.

- Efectividad

De nuevo es una técnica que requiere bastante tiempo. En este caso se han empleado 18 minutos, pero tal vez se hubiese conseguido un grano un poco más fino empleando más tiempo.

- Colorimetría

El color correspondiente a la muestra experimental del ocre procesado con la técnica de cuarcita según la tabla Munsell es el 2.5YR 3/2.

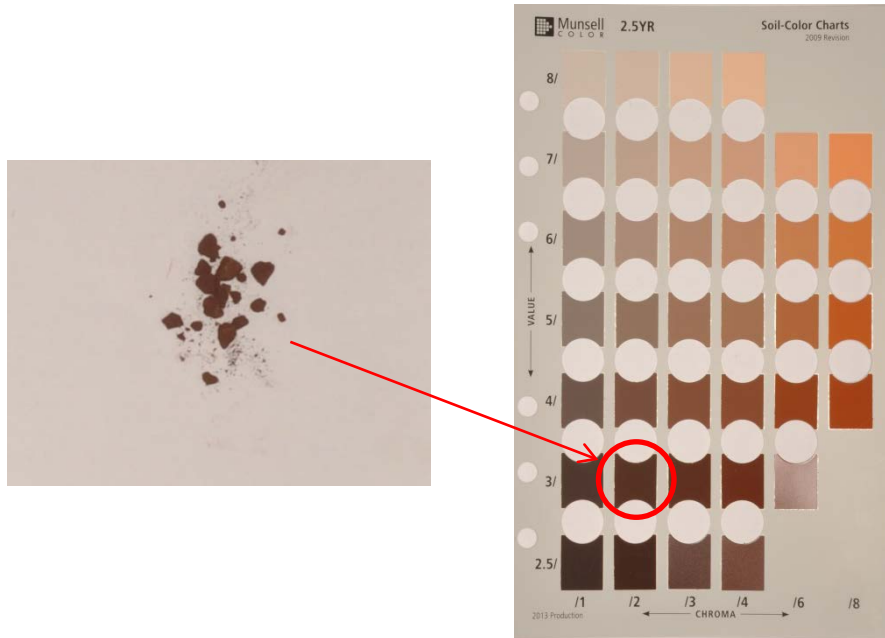


Fig. nº 42. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de raspado con lasca de cuarcita.

Fuente: (Munsell Soil Color Book, 2013).

2.2.3 Raspado mediante concha de *Patella*

Para llevar a cabo esta técnica se utilizó una concha de lapa (*Patella*) (ver fig. nº 43), que, como se dijo anteriormente en el apartado de “material y método” es ligeramente más grande del tamaño habitual hoy en día, similares a las que se han documentado durante el periodo de ocupación de la Fuente del Salín.

Para raspar el mineral se ha utilizado el borde interno de la concha, tal y como se ha registrado en algún yacimiento como es el caso de la propia Fuente del Salín (Cuenca Solana, 2013).

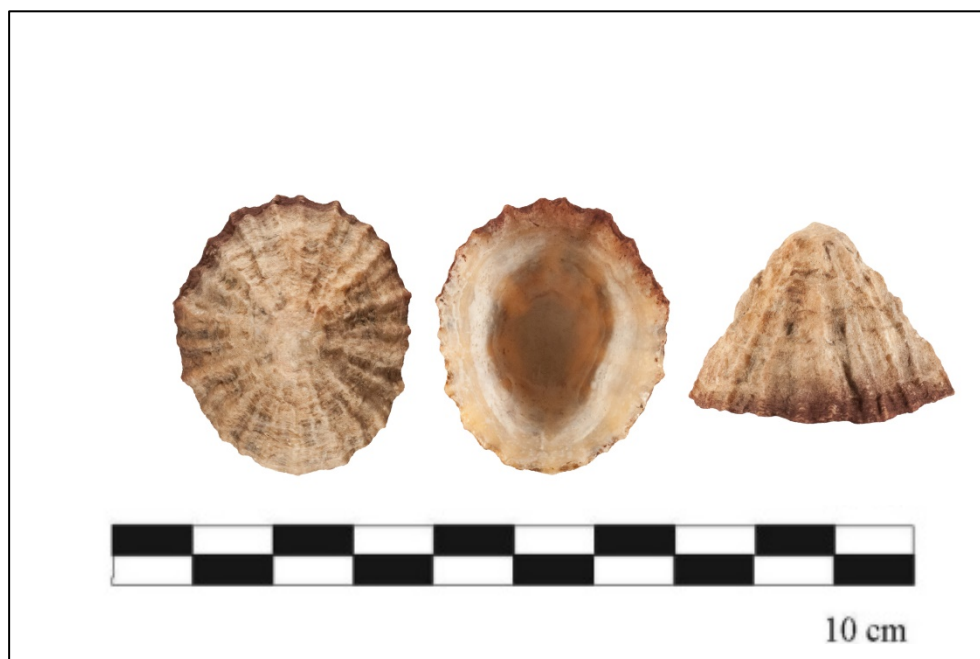


Fig. nº 43. Concha de *Patella* tras haber sido utilizada en la técnica de raspado.

- Granulometría

El grano de mayor tamaño que se aprecia en la muestra de la fotografía a 20X (ver fig. nº 32) mide 2'559mm., el cual es el tercero más pequeño de las seis técnicas llevadas a cabo. Sin embargo, la media de los granos es la menor de todas las técnicas, es decir, que a través del raspado del ocre con concha de *Patella* se ha generado el grano más fino de todas las muestras experimentales. Uno de los granos de tamaño medio tan solo mide 0'441mm., mucho menos de los analizados en el resto de técnicas. En la imagen a 10X (ver fig. nº 28) también se puede comprobar la diferencia de granulometría generada entre esta técnica y las demás.

- Efectividad

De nuevo, al igual que en el resto de técnicas a través del raspado, es un proceso que requiere gran inversión de tiempo, en este caso 22 minutos. Resulta llamativo que se haya generado un grano más fino necesitado menos tiempo utilizando concha que sílex, a pesar de que el sílex es un material de mayor dureza.

- Colorimetría

El color que corresponde de la tabla Munsell con la muestra experimental del ocre procesado gracias al raspado con concha de *Patella* es el 5R 3/2.

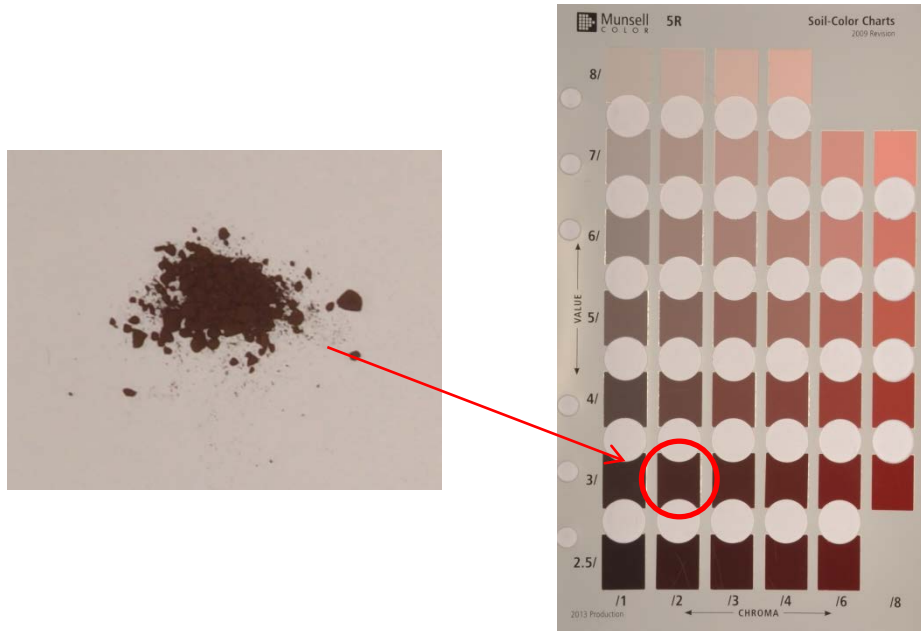


Fig. nº 44. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de raspado con concha de *Patella*.

Fuente: (Munsell Soil Color Book, 2013).

2.3 Decantado

Esta técnica se ha llevado a cabo dos veces, una vez con ocre que ha sido percutido y otra con ocre raspado con una lasca de sílex. Se ha considerado innecesario realizar la experimentación mediante raspado con diferentes útiles, ya que el verdadero objetivo de esta experimentación era comprobar cómo responde el ocre al ser sumergido en agua. En todo caso, es necesario disponer de ocre en polvo para poder llevar a cabo la decantación.

En ambos procesos, al introducir el ocre ya pulverizado en agua, éste vuelve a compactarse formando pequeños “grumos” y adquiriendo una textura semejante a la del café molido.

2.3.1 *Decantación tras percusión*

Para este proceso se ha utilizado el mismo canto de cuarcita que en la técnica de percusión (ver fig. nº 17).

- Granulometría

En este caso, el tamaño de los granos es intermedio en comparación con el resto de muestras, siendo el grano más grande de la muestra de la fotografía a 20X (ver fig. nº 33) de un tamaño de 2'398mm., 1'640mm. uno de los granos de tamaño intermedio y 0'015mm. uno de los pequeños. En la fotografía a 10X (ver fig. nº 28) se aprecia una granulometría muy heterogénea, puesto que no es la muestra que ha generado los granos de mayor tamaño, pero sí que tiene un mayor porcentaje de granos grandes que pequeños, al igual que sucede con la técnica del raspado con lasca de cuarcita. Eso se debe a que la percusión, como se ha apreciado anteriormente, sí genera un grano bastante fino, pero al haberlo introducido posteriormente en agua, algunos de estos granos han vuelto a compactarse. También es por ello por lo que los granos tienen, en este caso, un aspecto más redondeado.

- Efectividad

En este caso no podemos apreciar la efectividad de la misma forma que en las técnicas anteriores, ya que para esta técnica se han llevado a cabo dos procesos consecutivos. En primer lugar, se ha percutido el ocre durante 10 minutos y posteriormente se ha introducido en agua. El tiempo que pasa desde que se introduce en agua hasta que ésta se evapora y el ocre se seca depende de varios factores como la calidad del agua, la cantidad de la misma, temperatura ambiente y la exposición o no al sol.

Teniendo en cuenta el tiempo que se debe invertir, que es una técnica más compleja y que además compacta de nuevo los granos, no resulta una técnica realmente efectiva. Además, al introducirlo en agua pierde parte de su capacidad de pigmentación, es decir, pierde color.

- Colorimetría

En este caso, el color correspondiente a la muestra procesada a través de la técnica de decantado tras percusión según la tabla Munsell es el 10R 4/4.

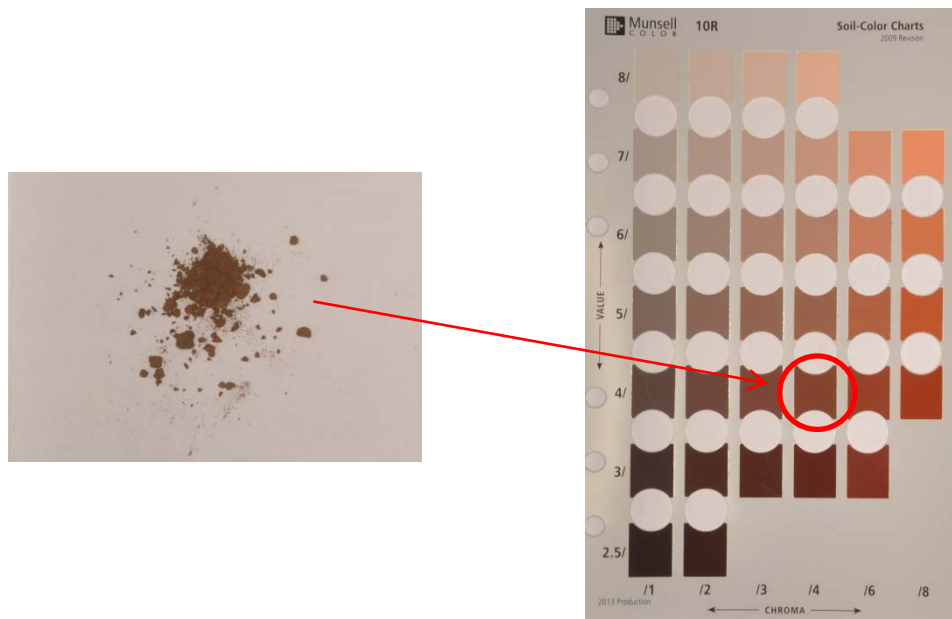


Fig. nº 45. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de decantado tras percusión.

Fuente: (Munsell Soil Color Book, 2013).

2.3.2 Decantado tras raspado

En este proceso, para pulverizar el mineral se ha utilizado una nueva lasca de sílex (ver fig. nº 46), puesto que la anterior había perdido el filo tras el procesado del ocre.



Fig. nº 46. Lasca de sílex tras haber sido utilizada en la técnica de decantación tras raspado.

- Granulometría

Esta es la técnica que ha generado un grano de mayor tamaño. Tanto en la muestra tomada a 20X (ver fig. nº 34) como en la fotografía de carácter más general a 10X (ver fig. nº 28) puede apreciarse que predominan los granos más grandes. El grano más grande visible en la muestra a 20X mide 3'813mm., uno de los medianos 2'013mm. y uno de los pequeños 0'014mm. Siendo, por lo tanto, una gran diferencia de tamaño con respecto al resto de las técnicas llevadas a cabo en esta experimentación. Son incluso más grandes que los granos de la técnica de raspado con sílex, posiblemente por la compactación producida por la inmersión en agua, como se ha comentado en el apartado anterior.

- Efectividad

Al igual que en el anterior caso de decantación, es difícil calcular el tiempo empleado en este proceso. Para el raspado con sílex previo se necesitaron 18 minutos, a lo que luego habría que sumarle el tiempo que el ocre estuvo introducido en agua hasta que ésta se evaporó por completo. Esta técnica no resulta muy efectiva, incluso menos que la anterior, debido al tiempo invertido, a la complejidad, al tamaño del grano y a la cierta pérdida de color del mineral.

- Colorimetría

El color correspondiente de la tabla Munsell a la muestra de ocre experimental procesado con la técnica de decantado tras raspado con lasca de sílex es el 10R 4.2.

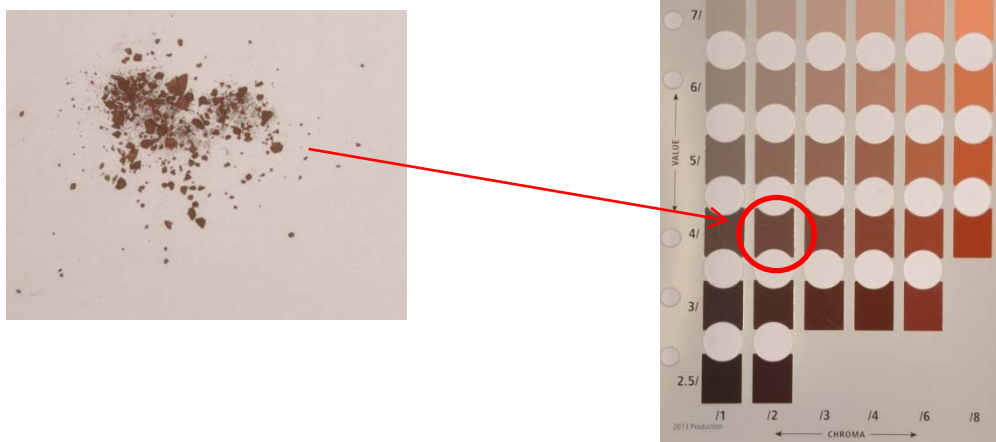


Fig. nº 47. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de decantado tras raspado con lasca de sílex.

Fuente: (Munsell Soil Color Book, 2013).

3. Resultados de los análisis colorimétricos y granulométricos del material arqueológico

3.1 Colorimetría del material arqueológico

Puesto que el ocre experimental tiene distinta procedencia que el arqueológico, no tiene ningún sentido comparar ambos materiales, por lo que en este apartado se pretende ver la variación de colores entre los materiales arqueológicos: ocre en bruto, el bloque de caliza y el fragmento de pared.

3.1.1 Los fragmentos de ocre recuperados durante la intervención arqueológica

La mayoría de los fragmentos arqueológicos de ocre en bruto tienen un color perteneciente a la tabla 10R, a excepción de dos que forman parte de la 2.5YR, pero todos ellos presentan una gama de colores muy semejantes. A continuación, se muestran las dos tablas y el color correspondiente de cada ocre.

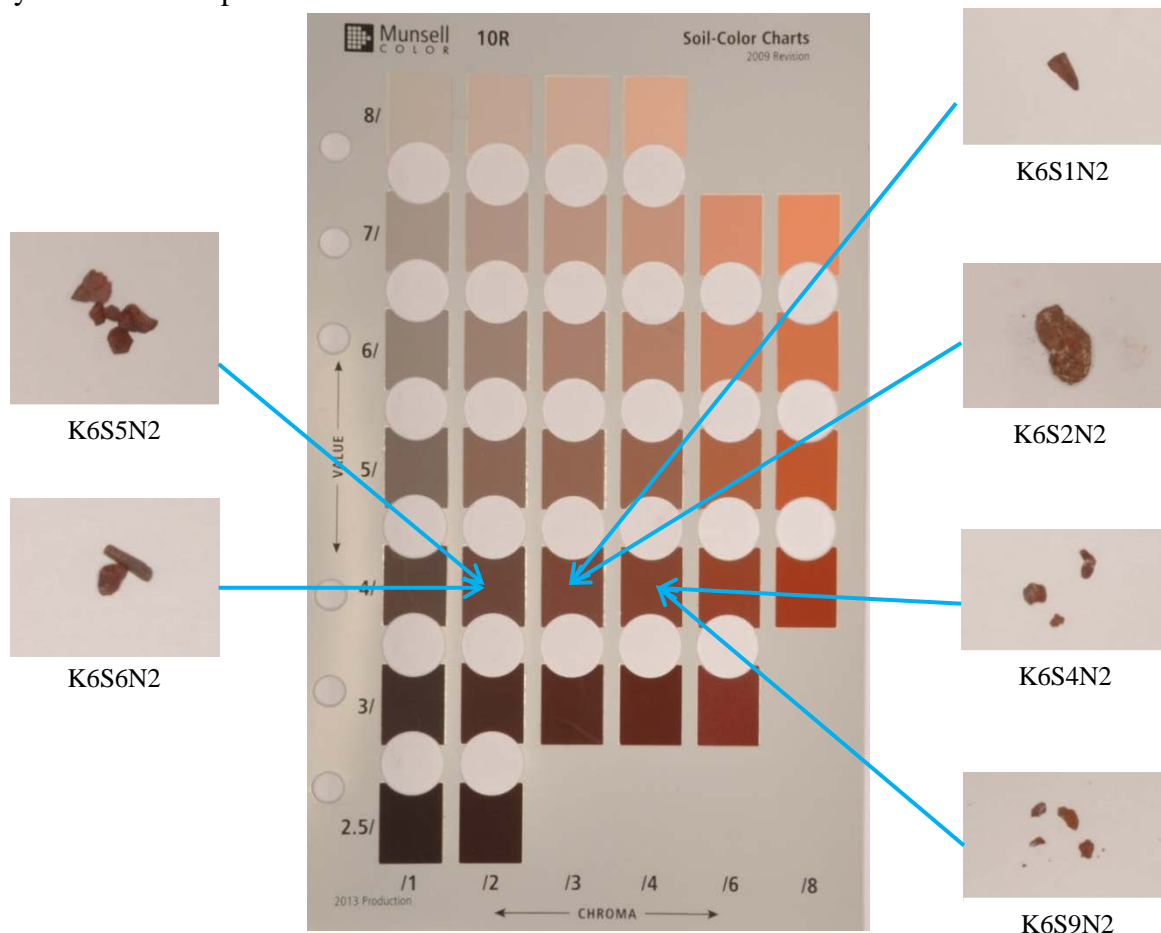


Fig. nº 48. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell de los fragmentos de ocre.

Fuente: (Munsell Soil Color Book, 2013).

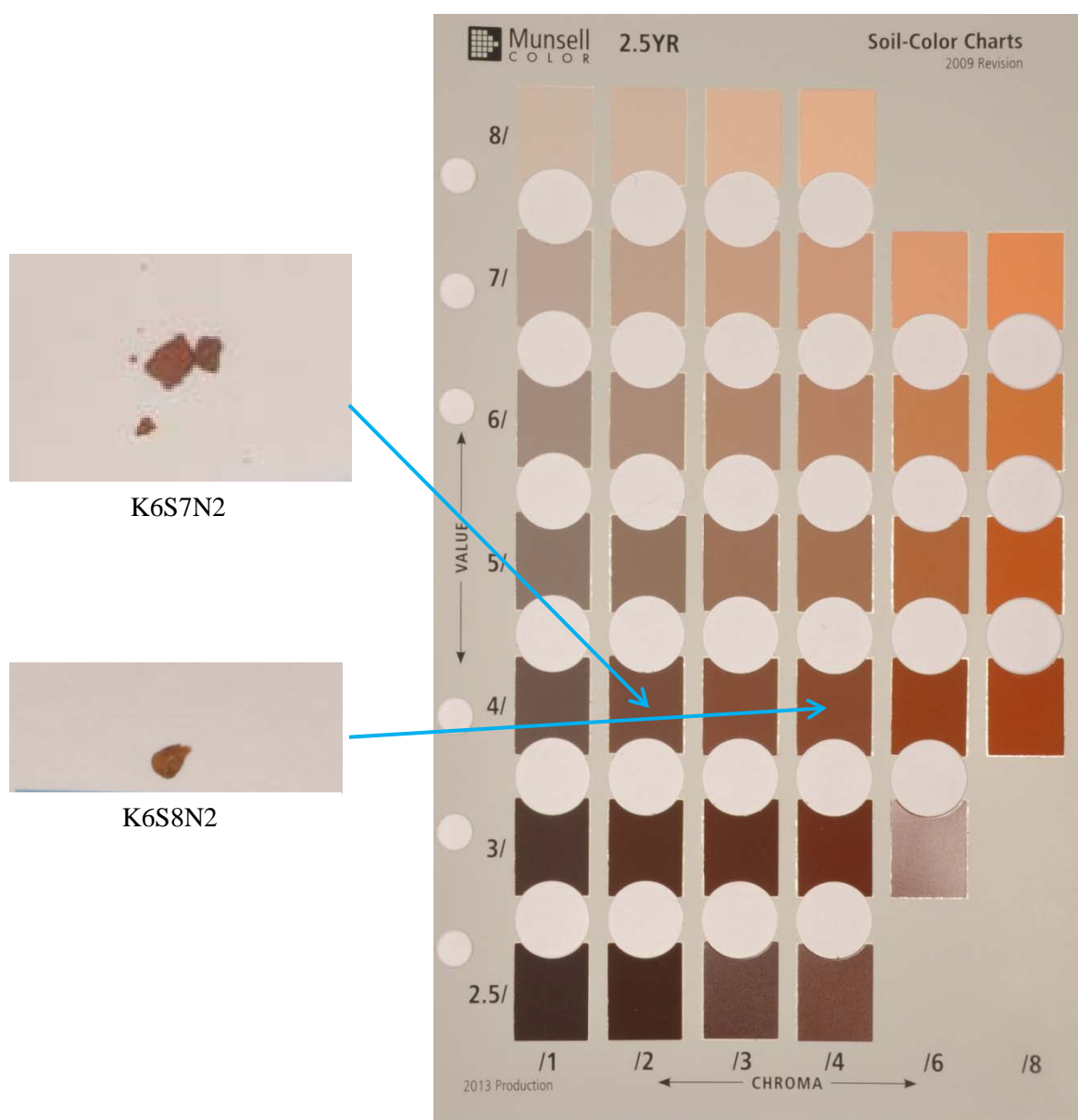


Fig. nº 49. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell de los fragmentos de ocre.

Fuente: (Munsell Soil Color Book, 2013).

3.1.2 El bloque de caliza recuperado durante la intervención arqueológica

El análisis colorimétrico del colorante que se encuentra en la superficie del bloque de caliza hubiese sido imposible si no fuese por una pequeña sección en la que se ha desprendido la costra de calcita que recubre el bloque. En este caso, el ocre corresponde al color 2.5YR 4/6, un tono ligeramente más anaranjado que los ocre en bruto.

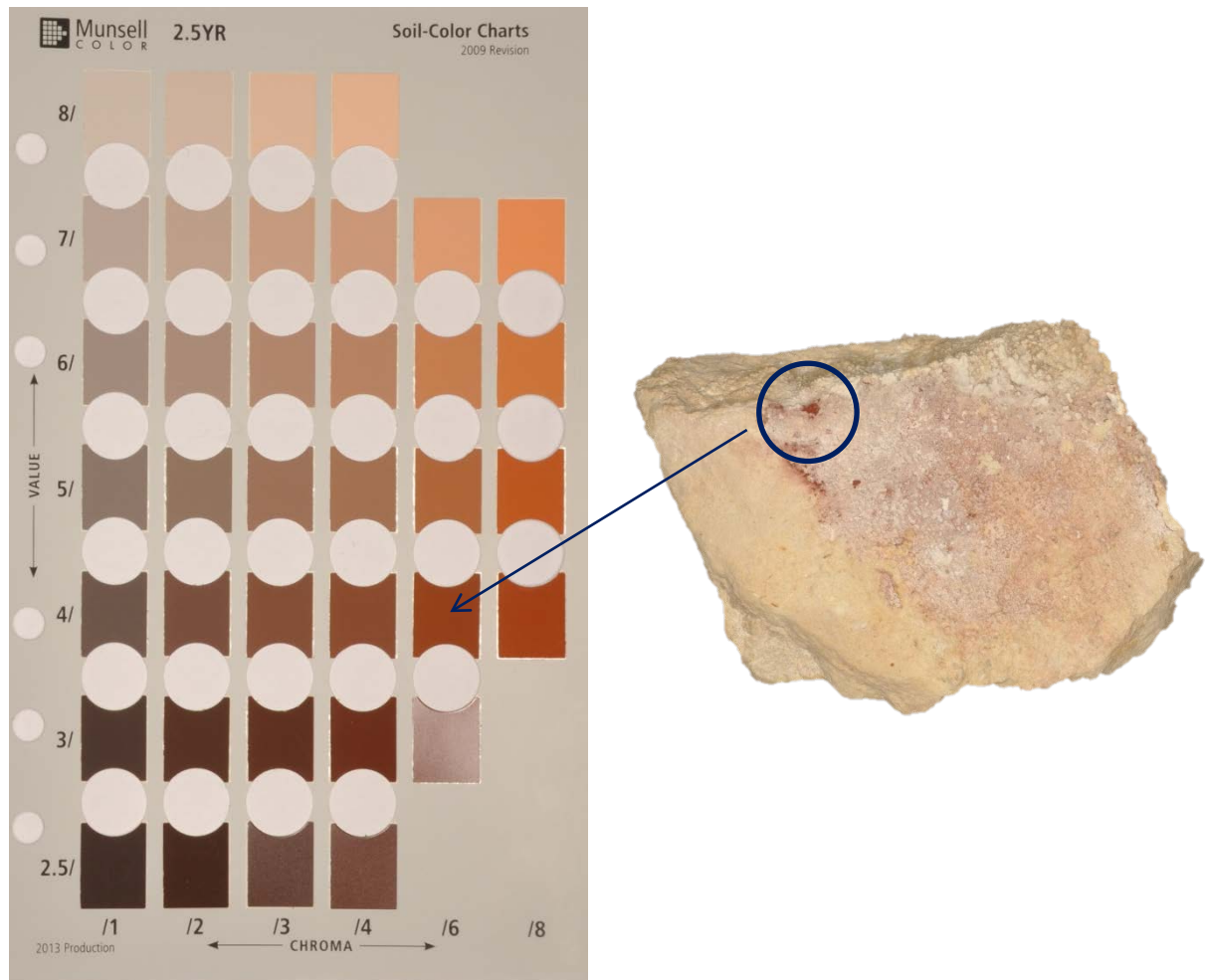


Fig. nº 50. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del pigmento localizado sobre el bloque de caliza.

Fuente: (Munsell Soil Color Book, 2013).

3.1.3 Fragmento de pared recuperado durante la intervención arqueológica

Por último, el color del pigmento que se encuentra sobre el fragmento de pared corresponde de nuevo a la tabla 10R Munsell, en concreto al color número 10R 4/3, igual que algunos de los ocre en bruto.

Cabe destacar que sobre el fragmento de pared se aplicó el colorante mezclado con agua (u otro elemento líquido), puesto que el ocre también se encuentra en las superficies cóncavas debido a la rugosidad de la cara exterior. El caso contrario ocurre en otros materiales arqueológicos como la plaqueta documentada en El Arco B (Ramales de la Victoria, Cantabria) (González Sainz *et al.*, 2003).

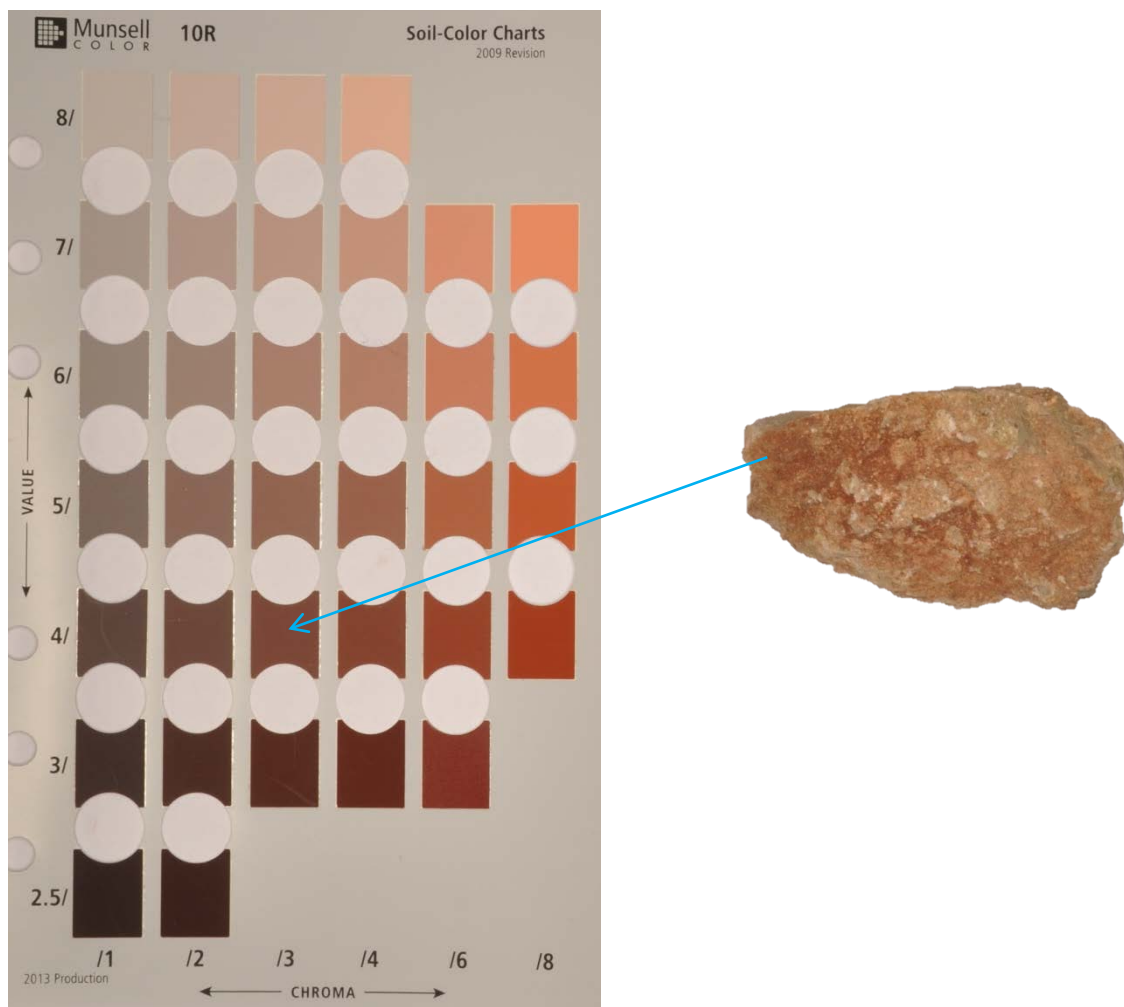


Fig. nº 51. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del pigmento localizado sobre el fragmento de pared.

Fuente: (Munsell Soil Color Book, 2013).

3.2 Granulometría del material arqueológico

En este apartado se va a analizar la granulometría del ocre procesado arqueológico con el fin de intentar relacionarla con alguna de las técnicas llevadas a cabo en la experimentación arqueológica. Para ello, igual que en el análisis de las muestras experimentales, se ha utilizado una lupa binocular Leica S8APO, a la que estaba incorporada una cámara Leica MC190HD de 10 megapíxeles. El procesado y tratamiento de las imágenes multifoco se ha llevado a cabo mediante el software Leica LAS Versión 4.8.

No se va a incorporar el análisis granulométrico del fragmento de pared puesto que no se pueden medir los granos al estar el ocre muy compactado debido a su disolución en agua en el momento de la aplicación.

3.2.1 El bloque de caliza recuperado durante la intervención arqueológica

Al igual que sucedió en el análisis colorimétrico, ha sido algo difícil medir los granos del ocre procesado del bloque de caliza puesto que la mayor parte de la superficie esta concrecionada por una costra de calcita. A pesar de ello, se ha podido analizar la pequeña zona en la que se ha desconchado la concreción (ver fig. nº 50).

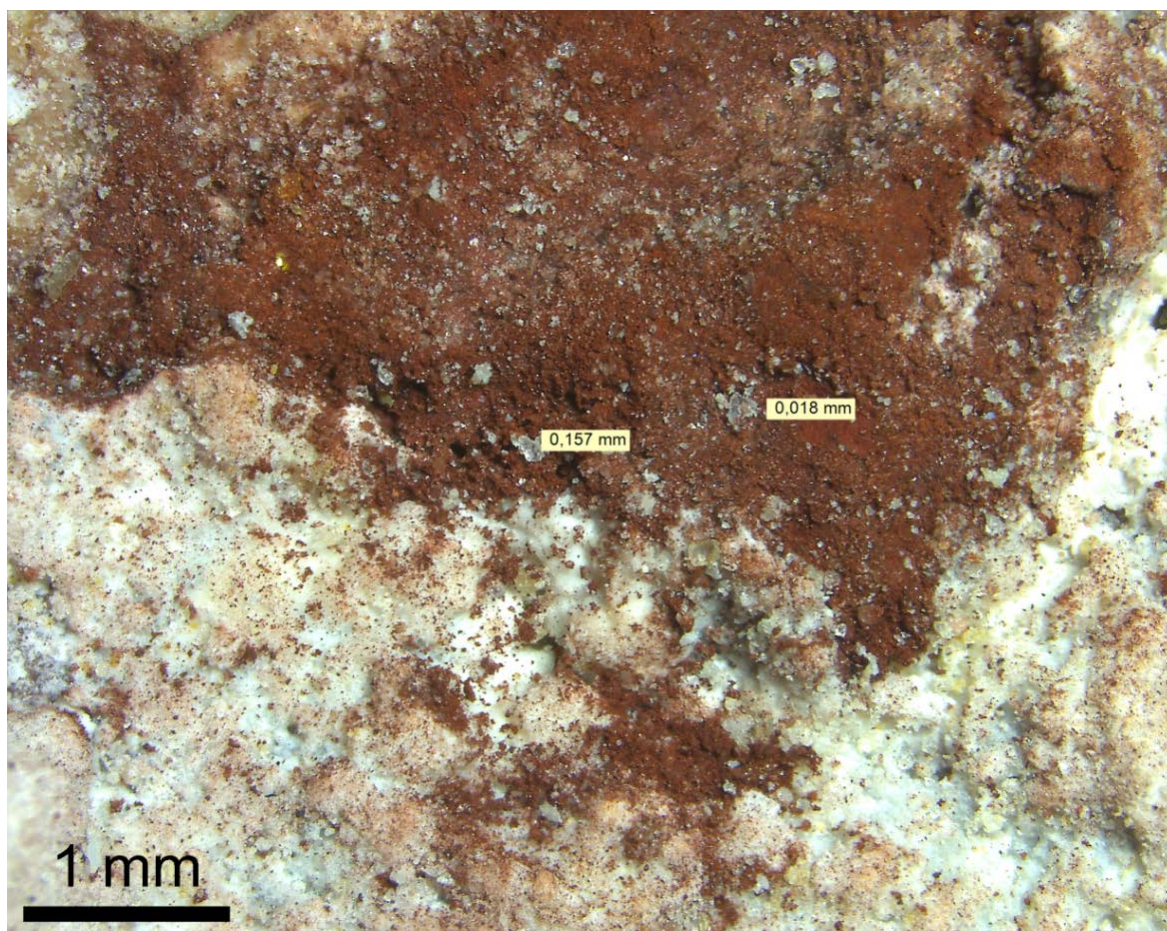


Fig. nº 52. Análisis granulométrico del ocre localizado sobre el bloque de caliza empleado para procesar ocre recuperado durante la intervención arqueológica en la cueva de La Fuente del Salín.

VII. DISCUSIÓN

En este trabajo fin de máster se ha combinado un programa experimental con analíticas sobre composición y granulometría de los materiales (arqueológicos y experimentales) para poder inferir datos sobre la cadena operativa de las representaciones gráficas parietales de la Fuente del Salín.

1. El Análisis Raman del material arqueológico procedente de la cueva de la Fuente del Salín

El análisis de todos los fragmentos de ocre arqueológicos analizados mediante esta técnica proporcionó resultados muy homogéneos. De esta forma, las analíticas evidenciaron la presencia de hematita prácticamente pura, a excepción de dos muestras que mostraron la presencia de cuarzo (fragmentos de ocre K6S4N2 y K6S9N2 – espectros 6 y 14 de la fig. nº 21) y un fragmento de concha con una mancha de grafito desordenado (fragmento K6S2N2) (ver fig. nº 22). Además, uno de los fragmentos (K6S8N2 – espectro nº 13 de la fig. nº 21) presentaba una estría de color rojo intenso debido a la tensión residual generada por cambios en la concentración del ocre o por el uso del mismo.

La presencia de cuarzo en los ocre K6S4N2 y K6S9N2 se debe a las impurezas del propio material o por impregnación a través del contacto. En cuanto al fragmento de concha presente en el ocre K6S2N2, su incrustación se debe al empleo de la concha en el procesado del ocre o a mezcla del mineral con las arcillas del suelo, entre las cuales se encontraría la concha, depositada ahí por los grupos humanos, bien porque fue consumida y después abandonada, o bien porque después fue empleada en el procesado del ocre.

Por último, en relación al ocre K6S8N2, el cual presenta la estría de color rojo intenso, resulta extraño que sea el único fragmento de ocre que parece haber sido utilizado para procesarlo, por lo es más que probable que esa tensión residual se deba a algún proceso mecánico accidental o, como se ha dicho, a un cambio de concentración del mineral. Quizás también se puede pensar que no hay registro de fragmentos de ocre con muestras de haber sido utilizados para el procesado de ocre puesto que, obviamente, esos fragmentos han sido destruidos con tal objetivo. Es decir, los fragmentos de ocre que se han estudiado se encontraron en el yacimiento porque un grupo humano los depositó ahí con la intención

de usarlos con fines pictóricos pero nunca llegaron a procesarlos, o al menos en su totalidad.

En cuanto a los análisis del bloque de caliza (ver fig. nº 23), éste presentaba sobre su superficie una mancha de color rojo, ya que sobre él se procesó el ocre. Al analizar esta mancha se documentó la única presencia de hematita, por lo que parece que sobre ella tan solo se pulverizó el ocre, pero que no se mezcló con ningún mineral más. No parece que se mezclase con agua durante el procesado, puesto que se hubiese apreciado una compactación del grano similar a la de la pintura del fragmento de pared (ver fig. nº 10), lo cual no sucede.

Por último, el fragmento de pared (ver fig. nº 10) presenta una mancha roja, lo cual apunta a ser el resto de una representación realizada sobre la propia pared. Por lo tanto, estaríamos ante el último paso de la cadena operativa. El análisis de este colorante mostró la presencia de hematita y magnetita, y por tanto surge la cuestión de conocer de dónde procede la magnetita y en qué momento se ha incorporado a la cadena operativa. La magnetita, un mineral cristalino que se forma o bien en rocas básicas (rocas generadas por enfriamiento de magma) o bien por hidrotermismo (fluidos de altas temperaturas que circulan por la roca), suelen encontrarse en contextos similares a los de la hematita, por lo que es más que probable que los grupos humanos del pasado utilizasen fragmentos de ambos minerales para la producción de materia colorante. Además, ambos minerales tienen un color similar, siendo algo más oscuro la magnetita.

La magnetita podría proceder de la propia pared, aunque su elevada presencia parece indicar que, tal vez, fue incorporada intencionalmente durante la preparación del colorante. Aun así, se debe realizar análisis Raman *in situ* para descartar esta posibilidad. Por lo tanto, este mineral podría haberse incorporado al colorante después de haber procesado la materia prima sobre el bloque de caliza (ya que sobre ella no se ha documentado la presencia de magnetita). Aunque también cabe la posibilidad, de que el bloque de caliza y la pintura del fragmento de pared no estén relacionados, sino que formen parte de dos cadenas operativas distintas que pudieron desarrollarse en paralelo dentro del proceso decorativo de la cavidad. Es decir, que el colorante que se procesó sobre el bloque de caliza no es el que se utilizó para realizar la pintura del fragmento de pared.

2. El análisis granulométrico y colorimétrico del material experimental

Una vez analizadas las muestras experimentales a través de la lupa binocular y de haber realizado su análisis granulométrico, puede comprobarse que existe una gran heterogeneidad entre las propias técnicas. Así, el raspado con concha de *Patella* es la que genera un grano más fino y la decantación tras raspado la que genera un grano de mayor tamaño. Además, también se aprecia una diferencia marcada entre las tres técnicas que generan el grano más fino y las tres que generan un grano más grueso, dando un salto repentino desde la media de la decantación tras percusión (1'351mm.) a la del raspado con lasca de sílex (1'837mm.). Pero incluso entre las tres primeras hay diferencia de tamaños, puesto que el entre el raspado con concha de *Patella* y la percusión hay una diferencia de 0'031mm. y entre la percusión y el decantado tras percusión 0'317mm. Lo cual resulta llamativo puesto que en ambos procesos se ha llevado a cabo la percusión, pero la decantación ha vuelto a compactar el grano procesado, lo que genera esa diferencia entre ambas técnicas.

También se debe resaltar la diferencia que existe entre las tres técnicas de raspado en función del útil que se emplee para procesar el ocre, sobre todo la diferencia existente entre el grano producido por la concha de *Patella* con respecto al producido por la lasca de sílex y por la lasca de cuarcita, siendo el primero mucho más fino. Aun así, para poder llevar a cabo la técnica de raspado con cualquier útil, se debe comenzar utilizando fragmentos de ocre de pequeño tamaño, por lo que se debe percutir el ocre antes de rasparlo.

En cuanto a la decantación, esta técnica resulta bastante ineficaz, podría decirse que hasta contraproducente, por dos razones. La primera es que vuelve a compactar el grano generado, como podemos apreciar al ver que la decantación tras raspado con lasca de sílex genera un grano superior al simple raspado con lasca de sílex, al igual que sucede con la decantación tras percusión y la percusión. El segundo motivo es que, al haber introducido el polvo de ocre generado en agua y haberlo dejado secar, se ha perdido parte de la capacidad de pigmentación del mineral, es decir, se ha perdido color, como puede observarse en las respectivas imágenes tomadas a 20X (ver fig. nº 33 y 34) y a 10X (ver fig. nº 28) y en los análisis colorimétricos (ver fig. nº45 y nº 47). En estas imágenes se aprecia cómo estas dos técnicas han producido un ocre con un color menos rojizo que las otras técnicas llevadas a cabo.

A pesar de todo esto, se debe tener en cuenta que, tal vez, se podría conseguir un grano más fino si se combinase más de una técnica (percusión y raspado, por ejemplo). Además, si el soporte en el que se procesa el ocre (en este caso el bloque de caliza) fuese más plano, se generaría polvo más fino, puesto que los granos se introducen en las rugosidades y resulta imposible efectuar una eficiente percusión. Quizás, además de la posibilidad de combinar técnicas, procesasen también el ocre tras haber sido mezclado con agua o con algún otro tipo de líquido.

Teniendo en cuenta el tiempo invertido para obtener 10 gr. de ocre mediante las diferentes técnicas empleadas a nivel experimental (ver tabla nº 3), queda demostrado que la percusión es la técnica más efectiva, ya que se genera un grano fino en menos tiempo. Tras la percusión, sin contar ambas técnicas del decantado por las razones que se han comentado anteriormente, las técnicas de raspado serían las más efectivas, aunque con ciertas diferencias entre ellas del tiempo empleado. El raspado con concha de *Patella*, al cual se le han dedicado tan solo cuatro minutos más que al raspado con lasca de cuarcita, ha generado un grano mucho más fino que la segunda. Por otro lado, el raspado con lasca de sílex necesita mucho tiempo para generar un grano de tamaño medio con respecto al resto de técnicas, por lo que no es una técnica demasiado efectiva.

El análisis colorimétrico indica que las muestras experimentales tienen unos colores muy similares (entre rojo oscuro y marrón – tablas 5R y 2.5R) a excepción de las muestras del ocre procesado mediante decantación, que tienen un color más claro (entre marrón y naranja – tabla 10R), por lo tanto, como ya se ha mencionado, la decantación ha hecho perder al mineral el color rojizo que le caracteriza.

3. Análisis granulométrico y colorimétrico del material arqueológico

En cuanto a la granulometría del colorante del bloque de caliza (ver fig. nº 52), tan solo se ha podido analizar la pequeña zona que no tiene concreción. Además, solo se aprecian restos del polvo de menor tamaño. Esto se debe a que los granos de mayor tamaño fueron retirados para ser utilizados. Por lo tanto, no se puede comparar de forma precisa el colorante del bloque de caliza con las muestras experimentales, puesto que en el primer caso solo se cuenta con el polvo restante y en el segundo caso tenemos el producto obtenido al completo. A pesar de ello, el colorante que queda en la superficie del bloque de

cuarcita parece bastante machacado, es decir, que la técnica (o técnicas) que se llevó a cabo para procesar el ocre generó un grano muy fino. Cabe pensar que lo más probable es que se emplease la técnica de percusión, puesto que es la más pragmática y una de las más efectivas, pudiendo ser combinada con otra técnica como el raspado con concha de *Patella*. Tampoco se puede descartar la posibilidad de que también se procesase el ocre una vez que éste estuviese mezclado con agua.

Por último, en referencia a los análisis colorimétricos de los materiales arqueológicos, tanto los fragmentos de ocre (ver fig. nº 48 y 49), como el colorante del bloque de caliza (ver fig. nº 50) y del fragmento de pared (ver fig. nº 51) tienen un color muy similar, pero cabe destacar que la mayoría de los ocre en bruto presentan el mismo color que la pintura del fragmento de pared, mientras que dos de estos fragmentos de ocre tienen prácticamente el mismo color que el colorante del bloque de caliza. Esto reafirma la idea de que seguro que no se ha realizado una técnica de decantado en el caso de la Fuente del Salín. Además, resulta llamativo que el color del colorante del fragmento de pared sea casi igual a algunos fragmentos de ocre en bruto puesto que los análisis Raman sobre el pigmento del fragmento de pared mostraron la presencia de magnetita en la mezcla, un mineral de color algo más oscuro que la hematita. Lo más probable es que esto se deba a la diferente proporción del mineral en el colorante.

4. Comparación granulométrica entre los materiales arqueológicos y experimentales

A pesar de que no se cuenta con muy poco ocre procesado, tan solo los restos que quedan sobre el bloque de caliza, sí se puede apreciar la presencia de un grano muy fino, semejante al que se ha procesado durante la experimentación analítica a través del raspado con concha de *Patella* o mediante la percusión. No se puede descartar que se hubiesen llevado a cabo otras técnicas diferentes a las que se han llevado a cabo en la experimentación analítica. Aun así, la presencia de conchas vinculadas con el procesamiento del ocre en la cueva de La Fuente del Salín (Cuenca Solana *et al*, 2013), junto con los resultados obtenidos del uso de conchas durante la experimentación, refuerza la posibilidad de que este proceso de la cadena operativa se hubiese llevado a cabo el raspado mediante el uso de conchas de *Patella*.

VIII. CONCLUSIONES

La Arqueología experimental aplicada al caso de los colorantes de la Fuente del Salín aporta una información relevante sobre el proceso gráfico vinculado con las propias representaciones. Además, la combinación de un programa experimental con diferentes técnicas analíticas ha resultado idónea para llevar a cabo esta investigación, tanto por la cantidad de información que aporta como por su precisión y su carácter no destructivo. Algunos de los datos que aportan los análisis físico-químicos, como en este caso la espectroscopia Raman, son relativos a la procedencia de las materias primas o a las técnicas empleadas para llevar a cabo su procesado. Además, conocer la composición de las pinturas es determinante para el control de la conservación y restauración de las mismas, adaptando los cuidados necesarios al material que las componen.

En lo que se refiere a la captación y explotación de las materias primas, el estudio se ha visto limitado por la continua inundación del acceso de la cavidad, así como por no haber encontrado afloramientos de óxido de hierro en las proximidades ni en mapas geológicos ni en prospecciones por el entorno, lo cual refuerza la idea de que el ocre debe proceder de la propia cavidad. Se espera que en el futuro el acceso a la cavidad nos permitirá completar esta parte de la investigación. Además, también se desconoce la procedencia de la magnetita presente en la pintura del fragmento de pared analizado (ver fig. nº 10), la cual podría estar presente en el colorante de manera accidental o intencionada. En todo caso, la magnetita solo está presente en el fragmento de pared, es decir, que el colorante de la pintura del fragmento de pared podría no tener relación con el preparado del bloque de caliza. En el futuro, sería interesante analizar mediante un equipo Raman portátil la composición de las pinturas del interior de la cueva, para comprobar si el uso de la magnetita es un hecho aislado o generalizado. Este análisis estaba planificado para su desarrollo dentro de esta investigación, en colaboración con el Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada. Sin embargo, su ejecución no ha sido posible debido a sendas inundaciones de la cavidad durante las campañas de excavación programadas para el verano de 2017 y el mes de septiembre de 2018.

Respecto al procesado del pigmento, se ha desarrollado un programa experimental que ha aportado información sobre la eficacia de distintas técnicas de procesado de ocre, siendo el raspado con concha de *Patella* y la percusión con un canto de cuarcita las técnicas más efectivas. La comparación granulométrica de las muestras experimentales con el registro

arqueológico indica que el proceso seguido en la Fuente del Salín debió de ser igual o muy semejante a las técnicas de raspado con concha o mediante percusión. Esto se debe en parte a la presencia de un grano muy fino sobre el bloque de caliza (ver fig. nº 52), similar al generado con estas dos técnicas, y a la presencia en el registro arqueológico de conchas vinculadas con el procesado del ocre. También es bastante probable que se llevase a cabo más de una técnica de forma simultánea, basándonos en que la técnica del raspado es inviable si previamente no se ha percutido un poco la materia prima. Además, la teoría del empleo de la percusión como técnica principal de procesar los pigmentos durante el Paleolítico es más que probable, ya que, además de ser una de las técnicas más efectivas, es la más pragmática, y en yacimientos como Tito Bustillo (Ribadesella, Asturias) se han documentado docenas de percutores manchados de ocre (Balbín *et al.*, 2017).

Por último, en lo que se refiere a la aplicación del colorante, el estudio también se ha visto limitado al no tener acceso directo a las pinturas. Aun así, el fragmento de pared con ocre (ver fig. nº 10) ha podido ser analizado, conociendo de este modo su composición, basada en hematita y magnetita. La granulometría del fragmento de pared no ha podido ser analizado debido a la compactación del colorante, ya que se aplicó estando mezclado con agua u otro líquido, algo que se demuestra ya que el colorante está presente en toda la superficie, incluidas las rugosidades.

En definitiva, a pesar de las limitaciones derivadas de la imposibilidad de incorporar los datos directos de las pinturas de la cavidad, el estudio del proceso gráfico mediante la experimentación y el análisis mineralógico nos ha aportado una información determinante para conocer con mayor precisión las conductas y procedimientos seguidos por los grupos humanos gravetienses que llevaron a cabo las representaciones gráficas en la cueva de la Fuente del Salín.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ÁLVAREZ CABALLERO, A. (2015). “Identificación de pigmentos mediante espectroscopia Raman” en *Moleqla. Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, 20, pp. 40-42. España.
- ÁLVAREZ ROMERO, C. (2012). “Los pigmentos en la prehistoria: proyecto de experimentación térmica con óxidos e hidróxidos de hierro”. *Boletín de Arqueología experimental*, 9, pp. 25-42. Universidad Autónoma de Madrid. España.
- AGUIRRE YAGÜE, F. (2015). “*Síntesis y caracterización de capas conductoras de Óxido de grafeno (GO): propiedades vibracionales bajo condiciones extremas de presión y temperatura*”. Trabajo de Fin de Máster. Universidad del País Vasco.
- APELLÁNIZ, J. M. (1991). “Modelo de análisis de la autoría en el arte figurativo del Paleolítico”. *Cuadernos de Arqueología*, 13. Universidad de Deusto. Bilbao.
- ARIAS, P., LAVAL, E., MENU, M., GONZÁLEZ SAINZ, C. y ONTAÑÓN R. (2011). “Pigments in parietal and portable Upper Paleolithic art of La Garma (Cantabria, Spain)”. *L’anthropologie*, 115, pp. 425-445.
- ARRIZABALAGA, A. (1995): *La industria lítica del Paleolítico Superior inicial. Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología*. Universidad del País Vasco (Tesis doctoral inédita).
- BALBÍN BEHRAMANN, R. y ALCOLEA GONZÁLEZ, J.J. (2009). “Les colorants de l’art paléolithique dans les grottes et en plein air”. *L’anthropologie*, 113, pp. 559-601.
- BLBÍN BEHRMANN, R., ALCOLEA GONZÁLEZ, J.J. y ALCARAZ CASTAÑO, M. (2017). “The Paleolithic art of Tito Bustillo cave (Asturias, Spain) in its archaeological context.” *Quaternary International*, 430 (A), pp. 81-96).

- BAR-YOSEF, D.; VANDERMEERSCH, B. y BAR-YOSEF, O. (2009). “Shells and ochre in Middle Paleolithic Qafzeh Cave, Israel: indications for modern behavior”. *Journal of Human Evolution*, 56, pp. 307-314.
- BARRIÈRE, C. (1975). “La grotte de Gargas (Hautes-Pyrénées)”. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 12, (3), pp. 201-203.
- BEDNARIK, R.G. (1994). “Art Origins”, *Anthropos*, 89, pp. 169-180.
- BERNALDO DE QUIRÓS, F. y NEIRA, A. (2012). “Evolución del término Gravetiense”. *Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira*. Monografías 23. Ed.: Carmen de las Heras, José Antonio Lasheras, Álvaro Arrizabalaga y Marco de la Rasilla, pp. 24-32. Cantabria.
- BINFORD, L. R. (1989). *En busca del pasado*. Crítica (1ª ed. 1988: “In pursuit of the past”). Decoding the archeological record. Barcelona.
- BORDES, F. (1973): “On the chronology and the contemporaneity of different Paleolithic cultures in France”. En: C. Renfrew (Ed.), *The explanation of culture change: models in Prehistory*. University Pittsburgh Press. pp.: 217-226.
- BOULE, M. (1920). *Les hommes fossiles. Éléments de paléontologie humaine*. Masson et Cie. Paris.
- BREUIL, H. (1912). “Les subdivisions du paléolithique supérieur et leur signification”. *Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques – informe de la XIV sesión, (I)*, Albert Kündig, pp.165-238, Génova.
- BREUIL, H. (1952). *Quatre cents siècles d'art pariétal*. Reed. Max Fourny, Paris.
- CAHEN, D., KARLIN, C., KEELEY, L. H. y VAN NOTEN, F. (1981): “Méthodes d'analyse technique, spatiale et fonctionnelle d'ensembles lithiques”. *Hellinium*, 20, pp. 209-259.

- CANSECO DOMÍNGUEZ, O. T. (2015). “Las obras de arte y su composición química: el negro de manganeso en la pintura rupestre paleolítica del arco franco-cántabro”. *Moleqla. Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, 19, pp. 4-5. Sevilla, España.
- CARTAILHAC, E. 1902. “La grotte d’Altamira, Espagne. Mea Culpa d’un sceptique”. *L’Anthropologie*, 13, pp. 348–354.
- CASTAÑOS, P. y ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, E. (2012). “Nuevas aportaciones a las bases de subsistencia de origen animal durante el Gravetiense cantábrico”. *Pensando en el Gravetiense: nuevos datos para la región cantábrica en su contexto peninsular y pirenaico Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira*. Monografías 23. Ed.: Carmen de las Heras, José Antonio Lasheras, Álvaro Arrizabalaga y Marco de la Rasilla, pp. 313-329. Cantabria.
- CHALMIN, E.; MENU, M. y ALTUNA, J. (2002). “Les matières picturales de la grotte d’Ekain (Pays Basque)”. *Munibe*, 54, pp. 35-51.
- CHALMIN, E., MENU, M., POMIÈS, M.P., VIGNAUD, C., AUJOULAT, N. y GENESTE, J.M. (2005). “Les blasons de Lascaux. The “blasons” of the Lascaux Cave” *L’anthropologie*, 108 (5), pp. 571-592. ELSEVIER. Francia.
- CLEMENTE, I. (1995). *Instrumentos de trabajo líticos de los Yámanas (Canoeros-nómadas de la Tierra del Fuego): una perspectiva desde el análisis funcional*. Tesis Doctoral inédita. Departament d’Antropologia Social i Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona.
- CLEMENTE, I. (1997). “Los instrumentos líticos de Tunel VII: una aproximación arqueológica”. *Treball d’etnoarqueologia*, 2. CSIC - Universitat Autònoma de Barcelona.
- CLOT, A. (1974). “El arte gráfico prehistórico en los Altos Pirineos”. *Munibe*, 1 (2), pp. 57-62. Sociedad de Ciencias Naturales ARANZADI. San Sebastián.

- CLOTTE, J., MENU, M. y WALTHER, P.H. (1990). "La préparation des peintures magdaléniennes des cavernes ariégeoises." *Bulletin de la Société préhistorique française*, 87 (6), pp. 170-192.
- CLOTTE, J y LEWIS-WILLIAM, D. (1996). *Los chamanes de la prehistoria, tránsito y magia en las cuevas decoradas*. Ariel. Barcelona.
- COBAS-FERNÁNDEZ, I y PRIETO MARTÍNEZ M.P. (2001). "La cadena tecnológica operativa como una herramienta teórica y metodológica. Una perspectiva desde los planteamientos de la arqueología del paisaje". *Cuadernos de Estudios Gallegos*, 48 (114), pp. 9-27.
- CONTIN, F. (2005). "La medicina nell' Antico Egitto". *Antrocom*, 1 (2), pp. 115-120.
- CORTELL NICOLAU, A. (2016). "Ocre, hematites y óxidos de hierro: el problema terminológico". *Espacio, tiempo y forma*, 9". Serie I Prehistoria y Arqueología, pp. 13-42. UNED. Madrid, España.
- COURAUD, C. (1983). "Pour une étude méthodologique des colorants préhistoriques". *Bulletin de la Société préhistorique française*, 80, (4), pp. 104-110. Francia.
- COURAUD, C. (1988). "Pigments utilisés en Préhistoire. Povenance, préparation, mode d'utilisation". *L' anthropologie*, 92, pp. 17-28.
- COURAUD, C. (1991). "Les pigments des grottes d'Arcy-sur-Cure (Yonne)". *Gallia préhistoire*, Vol.33, pp. 17-52. Francia.
- CUENCA SOLANA, D. (2013). *Utilización de instrumentos de concha para la realización de actividades productivas en las formaciones económico-sociales de cazadores-recolectores-pescadores y primeras sociedades tribales de la fachada atlántica europea*. Pp. 234-250. Editorial de la Universidad de Cantabria. Cantabria.

- CUENCA SOLANA, D., GUTIÉRREZ-ZUGASTI, F.I., GONZÁLEZ-MORALES, M.R., SETIÉN-MARQUINEZ, J., RUIZ-MARTÍNEZ, E., GARCÍA-MORENO, A. y CLEMENTE-CONTE, I. (2013). "Sell Technology, Rock Art, and the Role of Marine Resources during the Upper Paleolithic". *Current Anthropology*, 54 (3). The University of Chicago Press.
- D'ERRICO, F. (1994). "L'art grave azilien. De la technique à la signification" XXXI *Supplément à <Gallia Préhistorique>*, C.N.R.S. éditions, Paris.
- D'ERRICO, F. (2008). "Le rouge et le noir: implications of early pigment use in Africa, the near East and Europe for the origin of cultural modernity". *Goodwin Series*, 10, pp. 168-174.
- D'ERRICO, F., DAYET, L., GARCÍA-DÍEZ, M., PITARCH MARTÍ, A., GARRIDO PIMENTEL, D. y ZILHAO, J. (2016). "The technology of the earliest European cave paintings: El Castillo Cave, Spain". *Journal of Archaeological Science*, 70, pp. 48-65.
- DE LA PEÑA ALONSO, P. (2012). "Sobre la unidad tecnológica del Gravetiense en la Península Ibérica: implicaciones para el conocimiento del Paleolítico Superior Inicial". *Tesis de Doctorado*. Dir.: L. G. Vega Toscano. Universidad Complutense de Madrid.
- DE LAS HERAS, C., LASHERAS, J.A., ARRIZABALAGA, A. y DE LA RASILLA, M. (2012). "Crónica. Coloquio Internacional Gravetiense Cantábrico". *Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira*. Monografías 23. Ed.: Carmen de las Heras, José Antonio Lasheras, Álvaro Arrizabalaga y Marco de la Rasilla, pp. 10-20. Cantabria.
- DELPORTE, H. (1994). "L'art pariétal Paléolithique. Techniques et méthodes d'étude". En: *Bulletin de la Société préhistorique française*, 91, (2). pp. 100-101.
- DEVIA, B., CARDALE DE SCHRIMPFF, M., DEVIA, C. y NIÑO IZQUIERDO, C. (2016). "Aproximación al conocimiento de los colorantes en la comunidad indígena Ika de la Sierra Nevada de Santa Marta (departamento del César, Colombia)" *Nuevo Mundo Nuevos Mundos*. Coord. : Sophie Desrosiers y Paz Nuñez Reguiero. [Revista Online]. URL: <http://journals.openedition.org/nuevomundo/69205?lang=pt>

- DÍAZ CASADO, Y. (2000). “Estudio de arte rupestre en la zona Nansa-Lamasón: cuevas de Chufín, Micolón y Los Marranos”. *Actuaciones arqueológicas en Cantabria 1984-1999*. Coord.: Roberto Ontañón Peredo, pp. 173-174.
- DÍAZ RODRÍGUEZ, M. (2009-2010). “Arte paleolítico (documentación, estudio e interpretación). *Tiempo y sociedad*, 2, pp. 101-122.
- DUNLOP, D. y ÖZDEMİR, Ö. (1997). *Rock Magnetism. Fundamentals and Frontiers*. Universidad de Cambridge. Press, Nueva York.
- FORSHAW, R. J. (2009). “The practice of dentistry in Ancient Egypt”. *British Dental Journal*, 206 (9), pp. 481-486.
- FORTEA, F. J. (1992). “Abrigo de La Viña. Informe de las campañas 1987 a 1990”, en *Excavaciones Arqueológicas en Asturias (2)*. Servicio de Publicaciones de la Consejería de Cultura, Educación y Deportes del Principado de Asturias, Oviedo, pp. 19-28.
- FOUCHER, P., SAN JUAN-FOUCHER, C., VERCOUTÉRE, C y FERRIER C. (2010-2011). “La grotte de Gargas (Hautes-Pyrénées, France): l’apport du contexte archéologique à l’interprétation de l’art pariétal”. *IFRAO. L’art pléistocène dans le monde, 2010. Société préhistorique Ariège-Pyrénées*, 65-66, pp. 52-53. Tarascon-sur-Ariège, France.
- FRAZER, J.G. (1965). *La rama dorada*. Reed. Fondo de Cultura Económica, Madrid.
- FRITZ, C. (1997). “Vers une reconstitution des procédés artistiques magdaléniens: contribution de l’analyse microscopique dans le domaine de l’art mobilier”. *Trabajos de Prehistoria*, 54 (2), pp. 43-59.
- FRITZ, C. (1999). “La graue dans l’art mobilier magdalenien. Du geste à la représentation”. *Documents d’Archéologie Française (D.A.F.)*, 75. Edición de la Maison des Sciences de l’Homme, Paris.

- GAMBIER D. (1990). “Pratiques funéraires au Paléolithique supérieur en France: les sépultures primaires”. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 2, 3, 4, pp. 19 - 28.
- GAMBLE, C. (2001). “Las sociedades paleolíticas de Europa”. *Ariel Prehistoria*, Barcelona.
- GÁRATE, D. (2007). “El proceso gráfico de la pintura punteada cantábrica: hacia la identificación de una cadena operativa artística”. *Munibe*, 58, pp. 155-176.
- GÁRATE, D., LAVAL, E. y MENU, M. (2004). “Étude de la matière colorante de la grotte d'Arenaza (Galdames, Pays Basque, Espagne)”. *L' anthropologie*, Vol.108, pp. 251-289. Elsevier.
- GARCÍA-DÍEZ, M. (1999). “Proceso gráfico e implicaciones técnicas de la pintura en el arte paleolítico”. *Arkeos*, 6, (1), pp. 13-47.
- GARCÍA-DÍEZ, M y GARRIDO, D. (2012). “La cronología de las manos parietales en el arte Paleolítico”. *Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira*. Monografías 23. Ed.: Carmen de las Heras, José Antonio Lasheras, Álvaro Arrizabalaga y Marco de la Rasilla, pp. 492-500. Cantabria.
- GARCÍA-DÍEZ, M y GARRIDO, D. (2014). “Cueva de Chufín (Riclonos, Cantabria)”. *Los cazadores recolectores del Pleistoceno y del Holoceno en Iberia y el Estrecho de Gibraltar: Estado actual del conocimiento del registro arqueológico*. Coord.: Eudald Carbonell, José María Bermúdez de Castro, Juan Luis Arsuaga y Robert Sala Ramos. Pp. 659-661.
- GARROD, D. A. E. (1938). “The Upper Paleolithic in the light of recent Discovery”, en *Proceedings of Prehistory Society*, vol. 1, pp. 155-172.
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, M. (2016). “Equipamento artístico en la Prehistoria: pinceles”. *Boletín de Arqueología Experimental*, 11, pp. 76-95.

- GONZÁLEZ MORALES, M.R. (2012). “La ocupación Gravetiense de la cueva de El Mirón (Ramales de la Victoria, Cantabria) y el contexto del arte paleolítico temprano de la cuenca del Asón”. *Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira*. Monografías 23. Ed.: Carmen de las Heras, José Antonio Lasheras, Álvaro Arrizabalaga y Marco de la Rasilla, pp. 289-300. Cantabria.
- GONZÁLEZ MORALES, M.R. (2016). *Memoria preliminar de la actuación arqueológica en la cueva de Fuente del Salín. (Muñorrodero, Cantabria). Campaña de 2016*. Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria, Universidad de Cantabria.
- GONZÁLEZ SAINZ, C. (1999a). “Algunos problemas actuales en la ordenación cronológica del arte paleolítico en Cantabria”. *I Encuentro de Historia de Cantabria, del 16 al 19 de diciembre de 1996*, pp. 149-166.
- GONZÁLEZ SAINZ, C. (1999b). “Sobre la organización cronológica de las manifestaciones gráficas del Paleolítico superior. Perplejidades y algunos apuntes desde la región cantábrica”. *Edades*, 6 (2), pp. 123-144.
- GONZÁLEZ SAINZ, C., GARCÍA DÍEZ, M., SAN MIGUEL LLAMOSAS, C., AJA SANTIESTEBAN, G. y EGUIZABAL, J. (2003). “Nuevos materiales arqueológicos de la cueva de <el Arco B> (Ramales de la Victoria, Cantabria). *Veleia*, 20, pp. 123-142.
- GONZÁLEZ URQUIJO, J. E. e IBÁÑEZ ESTÉVEZ, J. J. (1994). “Metodología de análisis funcional de instrumentos tallados en sílex”. *Cuadernos de Arqueología*, 44. Universidad de Deusto.
- GONZÁLEZ VILLARRUEL, A. (2010). “La vida social de los objetos etnográficos y su desalmada mercantilización”. *Alteridades*, 20 (40), pp. 56-76.

- GUTIÉRREZ ZUGASTI, I., CUENCA SOLANA, D., GONZÁLEZ-MORALES, M.R. y GARCÍA MORENO, A. (2012). “El aprovechamiento de moluscos y otros recursos litorales durante el Gravetiense en la región cantábrica: análisis arqueomalacológico de la cueva de la Fuente del Salín (Muñorrodero, Cantabria)”. *Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira*. Monografías 23. Ed.: Carmen de las Heras, José Antonio Lasheras, Álvaro Arrizabalaga y Marco de la Rasilla, pp. 313-329. Cantabria.
- HENRY-GAMBIER, D. (2005). “Évolutions des pratiques funéraires en Italie au Paléolithique supérieur”. En : D. Vialou, J. Renault-Miskovsky y M. Patou-Mathis (Eds.) *Comportements des hommes du Paléolithique moyen et supérieur en Europe: territoires et milieux. Actes du Colloque du G. D. R., 111*, pp. 213-229. ERAUL.
- HENRY-GAMBIER, D., BRUZEK, J., SCHMITT, A., HOUËT, F. y P., M. (2006). “Révision du sexe et de l’âge au décès des fossiles de Cro-Magnon (Dordogne, France) à partir de l’os coxal”. *Palevol*, 5, pp. 735-741.
- HERNANZ, A., GAVIRA, J. M y RUIZ-LÓPEZ, J. F. (2006). “Application of Raman microscopy to the study of prehistoric rock paintings”. *Asian Journal of Physics*, 15, (2), pp. 187-193.
- HENSHILWOOD, C.S., D’ERRICO, F., y WATTS, I. (2009). “Engraved Ochres from the Middle Stone Age Levels at Bolombos Cave, South Africa”. *Journal of Human Evolution*, 57 (1), pp. 27-47.
- HUGES, J.C. y SOLOMON, A. (2000). “A preliminary study of ochres and pigmentaceous materials from KwaZulu-Natal, South Africa: towards an understanding of San pigment and paint use”. *Natal Mus. J. Humanities*, 12, pp. 15-31. Pietermaritzburg.
- HOVERS, E., ILANI Sh., BAR-YOSEF, O. y VANDERMEERSCH, B. (2003). “An early case of color symbolism. Ochre use of Modern Humans in Qafzeh Cave”. *Current Anthropology*, 44, (4).

- IRIARTE CELA, M. (2016). *Estudio de materiales pictóricos de arte rupestre en Europa, África, América y Asia mediante microespectroscopía Raman*. Tesis de doctorado. Dir. : Antonio Hernanz Gismero. UNED.
- KARLIN, C. (1991). “Connaissance et savoir-faire: comment analyser un processus technique en Préhistoire”. En: R. Mora, X. Terradas, A. Parpal y C. Plana (Eds.), *Tecnología y cadenas operativas Líticas. Reunión Internacional. Treballs d'Arqueologia, 1*, pp. 99-123. Barcelona.
- KLIMA, B. (1976). “Périgordien et Gravettien en Europe (colloque XV)”, en *IX Congrès UISPP*, Niza.
- LAHLIL, S., LEBON, M, BECK, L. ROUSSELIÈRE, H. VIGNAUD, C., REICHE, I, MENU, M., PAILLET, P. y PLASSARD, F. (2012). “The first *in situ* micro-Raman spectroscopic analysis of prehistoric cave art of Rouffignac. St-Cernin, France”. *Journal of Raman Spectroscopy*, 43, pp. 1637-1643.
- LAMING-EMPERAIRE. A. (1962). *La signification de l'art rupestre paléolithique*. Editores: A. y J. Picard y Cie, Paris.
- LAPLACE, G. (1966). “Recherches sur l'origine et l'évolution des complexes leptolithiques”, *Mélanges d'Archéologie et d'Histoire*, 4. École Française de Rome.
- LEONHARD, R. (2006). “Analyzing rock magnetic measurements: The RockMagAnalyzer 1.0 software”. *Computers & Geosciences*, 32, pp. 1420–1431.
- LEROI-GOURHAN, A. (1965). *Préhistoire de l'art occidental*. (1ª ed.). Francia.
- LEROI-GOURHAN, A. (1989a): *El hombre y la materia. Evolución y técnica I*. Taurus, Madrid.
- LEROI-GOURHAN, A. (1989b): *El hombre y la materia. Evolución y técnica II*. Taurus, Madrid.

- LORBLANCHET, M. (1999). *La naissance de l'art. Genèse de l'art préhistorique dans le monde*. Errance, Paris.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, L. (2015). *El Gravetiense en el sector occidental cantábrico y sus conexiones pirenaicas*". (Tesis de Doctorado). Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Oviedo.
- MASSON, A. (1986). "Les ocre et la pétroarchéologie. L'aspect taphonomique". *Revue d'Archéométrie*, 10, pp. 87-93.
- MAZEL, A.D y WATCHMAN, A.L. (1997). "Acceleraton radiocarbon datinf of Natal Drakensberg paintings: results and implications. *Antiquity*, 71, pp. 9-445.
- McCOLLOUGH, M. R. C. (1971): *Perigordian facies in the Upper Paleolithic of Cantabria*. University of Pennsylvania (Tesis doctoral inédita).
- MÉLARD, N., PIGEAUD, R., PRIMAULT, J y RODET, J. (2010). "Gravettian painting and associated activity at Le Moulin de Lauguenay (Lissac-sur-Couze, Corrèze)". *Antiquity*, 84. Pp. 666-680. Francia.
- MENU, M. (2009). "L'analyse de l' art préhistorique". *L' anthropologie*, 113, pp. 1-12. Elsevier.
- MONTES, R., LASHERAS, J.A., HERAS, C., RASINES, P., FATAS, P., (2004). "«Los aerógrafos» de la cueva de Altamira". *Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre. Arqueología, Zona Arqueológica* nº, 4, vol. IV. Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, pp. 321-327.
- MORGADO, A y BAENA PREYSLER, J. (2011). "Experimentación, Arqueología Experimental y experiencia del pasado en la Arqueología actual". *La investigación experimental aplicada a la Arqueología, cap.1*, pp. 21-28. Universidad de Granada.

- MOURE-ROMANILLO, J.A. y GONZÁLEZ MORALES, M.R. (1988). “El contexto del arte parietal. La tecnología de los artistas en la cueva de Tito Bustillo (Asturias). *Trabajos de Prehistoria*, 45, pp. 19-49.
- MOURE-ROMANILLO, J.A. y GONZÁLEZ MORALES, M.R. (2008). “Excavaciones y estudio de arte rupestre en la cueva de la Fuente del Salín (Muñorrodero, Val de San Vicente). Campaña de 2000.” *Actuaciones arqueológicas en Cantabria. 2000-2003*, pp. 79-82. Gobierno de Cantabria. Consejería de Cultura, Turismo y Deporte.
- MOURE-ROMANILLO, J.A., GONZÁLEZ MORALES, M.R. y GONZÁLEZ SAINZ, C. (1984-1985). “Las pinturas paleolíticas de la cueva de la Fuente del Salín (Muñorrodero, Cantabria)”. *Ars Praehistorica. Anuario internacional de arte prehistórico*. Dir.: Eduardo Ripoll-Perelló. Tomo: III-IV, pp. 13-23. Ed. AUSA. Barcelona.
- MUNSELL SOIL COLOR BOOK (2013). *Munsell*. X-rite.
- OLIVARES, M., CASTRO, K., CORCHÓN, M.S., GARATE, D., MURELAGA, X., SARMIENTO, A. Y ETXEBARRIA, N. (2014). Estudio mediante instrumentación no invasiva y portátil de pinturas rupestres paleolíticas: el caso de la Cueva de la Peña de San Román de Candamo (Asturias, España). *Cien años de arte rupestre*. (Eds. M^a Soledad Corchón y Mario Menéndez), pp.245-254. Ediciones Universidad Salamanca.
- ONORATTNI, G. y PERINET, G. (1985). “Données minéralogiques sur les colorants rouges préhistoriques de Provence: démonstration que certains d'entre eux ont été obtenus par calcination de goethite”. *C.R. Acad. Sci.* 301, Vol. II, pp. 119-124. Paris.
- PEISACH, M., PINEDA, C.A. y JACOBSON, L. (1991). “Nuclear analytical study of rock paintings” *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry Articles*, 151 (1), pp. 7-221.
- PÉRINET, G. y ONORATTNI, G. (1987). “À propos des colorants rouges préhistoriques. La présence d'hématite désordonnée est bien l'indice qu'ils ont été obtenus par cuisson de goethite.” *Revue d'Archéométrie*, pp. 48-51. Paris.

- PEYRONY, D. (1936). “Le Périgordien et l’Aurignacien”, en *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 33 (11), pp. 616-619.
- POMIÈS, M.P., MORIN, G. y VIGNAUD, D. (1998). “XRD study of the goethite-hematite transformation: application to the identification of heated prehistoric pigments”. *European journal of Solid State and Inorganic Chemistry*, 35, pp. 9-25.
- PRADEAU, J-V. (2015). *Les matières colorantes au sein des systèmes techniques et symboliques au Néolithique (VIe et Ve millénaires BCE) dans l’arc liguro-provençal*. Tesis de doctorado. Sociología. Universidad Nice Sophia Antipolis. Francia.
- RAPHAËL, M. (1945). “Prehistoric cave painting”. *Bollingen Series*, 4. Nueva York.
- RASILLA, M. y SANTAMARÍA, D. (2006). “El Gravetiense del Abrigo de Cueto de la Mina (Posada de Llanes, Asturias)”, en J. MAÍLLO Y E. BAQUEDANO (eds.): *Miscelánea en homenaje a Victoria Cabrera. Zona Arqueológica*, 7, (1), pp. 422-439.
- RASILLA, M y STRAUS, L. G. (2004). “El poblamiento en la región cantábrica en torno al Último Máximo Glacial: Gravetiense y Solutrense”, en M. Á. FANO (coord.): *Las sociedades del Paleolítico en la región cantábrica*. KOBIE (Serie Anejos), 8, pp. 209-242.
- RASINES, P. y MUÑOZ, E. (2012). “Los niveles gravetienses del abrigo de El Cuco (Castro Urdiales, Cantabria)”. *Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira*. Monografías 23. Ed.: Carmen de las Heras, José Antonio Lasheras, Álvaro Arrizabalaga y Marco de la Rasilla, pp. 241-263. Cantabria.
- REINACH, S. (1903). “L’art et la magie á propos des peintures et des gravures de l’age du renne”. *L’anthropologie*, 14, pp. 257-266. Paris.
- RIFKIN, R. (2011). “Assessing the efficacy of red ochre as a prehistoric hide tanning ingredient”. *Journal of African Archaeology*, 9 (2), pp. 131-158.
- RIPOLL LÓPEZ, S. y RIPOLL PERELLÓ, E. (1990). “Gravetiense y Solutrense en la Península Ibérica”. *Espacio, Tiempo y Forma, S.I, Prehistoria y Arqueología*, 3. pp. 55-70.

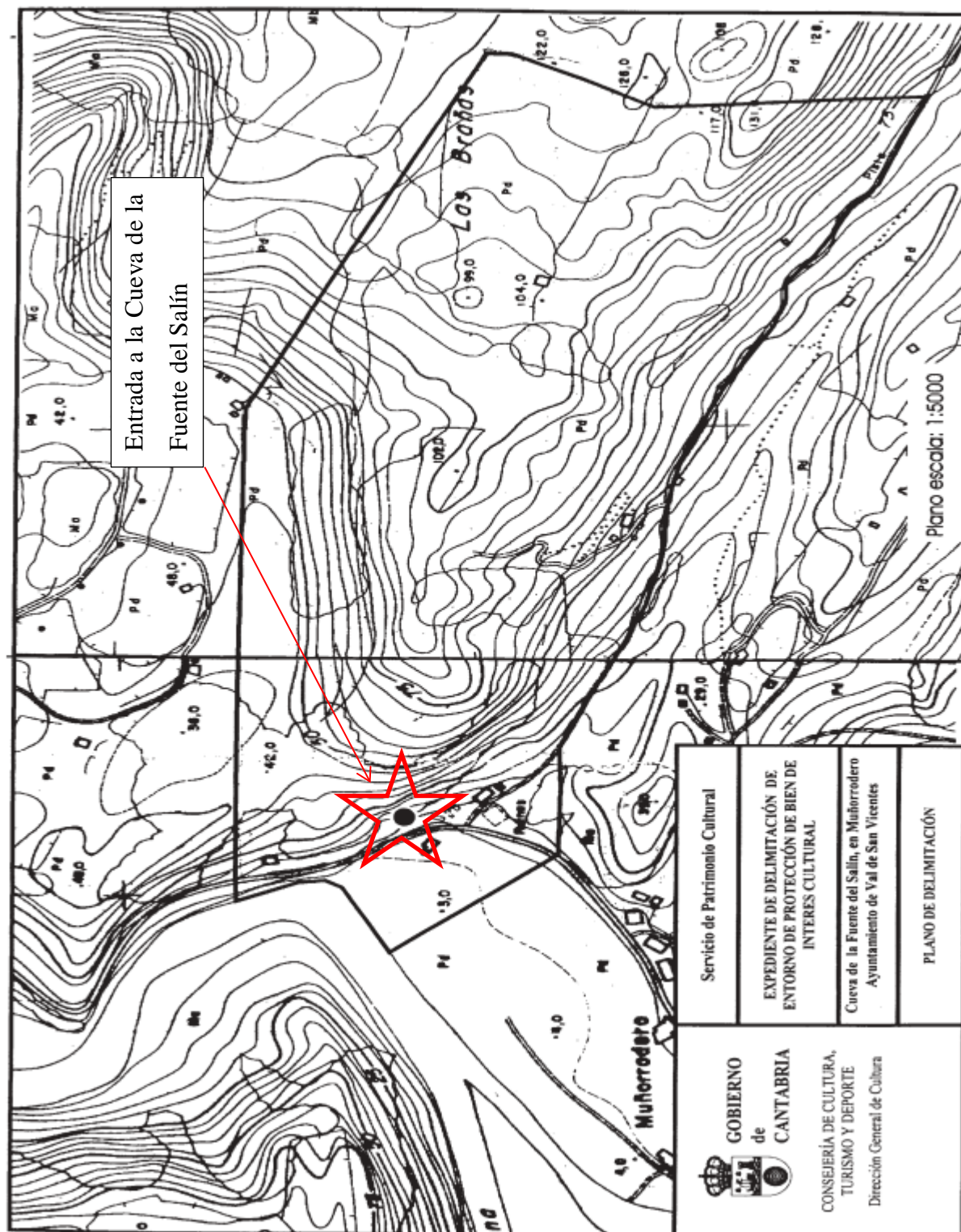
- ROBADOR MORENO, A., HEREDUA CARBALLO, N., RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, L.R. y MARQUÍNEZ GARCÍA, J. (2000). Mapa geológico de Cantabria. Escala 1:100.000. IGME.
- ROEBROEKS, W., SIER, M.J., KELLBERG NIELSEN, T., DE LOECKER, D., PARÉS, J.M., ARPS, C.E. y MÜCHER, H.J. (2012). "Use of red ochre by early Neanderthals". *PNAS*, 109, (6), pp. 1889-1894.
- ROLDÁN, C. (2009). "Análisis de pigmentos en conjuntos de arte rupestre". En C. Iborra Juan, C. Matamoros de Villa, J. A. López Mira y R. Martínez Valle (coords.) *IV Congreso de Arte Rupestre del arco mediterráneo de la Península Ibérica. 10 años en la Lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO*. Generalitat Valenciana. Valencia, España, pp. 269-277.
- ROLDÁN, C., MURCIA-MASCARÓS, S., LÓPEZ-MONTALVO, E., VILANOVA, C. Y PORCAR, M. (2018). "Proteomic and metagenomic insights into prehistoric Spanish Levantine Rock Art". *Scientific Reports*, 8.
- ROSSO, D.E. (2017). "Aproximación etnoarqueológica al uso de colorantes para el tratamiento del cabello: el caso de los Hamar (Etiopía)". *Revista de Prehistòria i Antiguitat de la Mediterrània Occidental*, 48, (2), pp. 123-149. Pyreane.
- RUDNER, I. (1983). "Paints of the Khoisan Rock Artists". *New Approaches to Southern African Rock Art*. Goodwin Series, 4, pp. 14-20.
- RUIZ-REDONDO, A. (2010). "Una nueva revisión del Panel de las manos de la cueva de El Castillo (Puente Viesgo, Cantabria)". *Munibe Antropología-Arqueología*, 61, pp. 17-27.
- RULL, F., GÁZQUEZ, F., MEDINA, J., SANZ, A., DE LAS HERAS, C., PRADA, A., LASHERAS, J.A. y CALAFORRA, J.M. (2014). "Caracterización de pigmentos utilizados en el arte rupestre de la Cueva de Altamira". *Macla. Revista de la sociedad española de mineralogía*, 19. España.

- SALOMON, H. (2009). “*Les matières colorantes au début du paléolithique supérieur: sources, transformations et fonctions*”. Tesis doctoral. PACEA, Équipe Préhistoire et Géologie du Quaternaire. Université de Bordeaux.
- SALOMON, H. y VIGNAUD, C. (2010) “Chauffage de minéraux au Paléolithique pour en changer la couleur. Apport de la microscopie électronique en transmission”. *Materiiaux*. Nantes, Francia.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, J.L. (2009). “Acerca de la coloración en las pinturas rupestres prehistóricas”. *Zepirus*, 36, pp. 245-253.
- SANCHIDRIÁN, J.L. (2001). *Manual de arte prehistórico*. Ariel. Barcelona.
- SANOIT, J. CHAMBELLAN, D y PLASSARD, F. (2005). “Caractérisation *in situ* de pigment noir de quelques œuvres pariétales de la Grotte de Rouffignac à l’aide d’un système portable d’analyse par fluorescence X (XRF)”. *ArchéoSciences*, 29, pp- 61-68.
- SAUVET, G. (1993). “Rhétorique de l’image préhistorique”. *Psychanalyse et Préhistoire*. Paris.
- SAUVET, G y WLODARCZYK, A. (1995). “Eléments d’une grammaire formelle de l’art pariétal paléolithique”. *L’Anthropologie*, 99, (2-3). Paris.
- SIRET, L. (1891). *L’Espagne préhistorique* (ed. 2001). Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, Arráez editores, Mojácar.
- SOTO-BARREIRO, M.J. (2003). Cronología radiométrica, ecología y clima del Paleolítico cantábrico. *Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira*. Monografías 19, pp. 315-378. Cantabria.
- UNIVERSIDAD DE CANTABRIA. [Página Web]. <https://web.unican.es/>
- VAN RIJSEN, W.J. (1990). “Analysis of South African rock art pigments by X-ray fluorescence spectroscopy (EDS)”. *South African Archaeological Bulletin*, 45, pp. 9-58.

- VELO, J. (1984). "Ochre as Medicine: A Suggestion for the Interpretation of the Archaeological Record". *Current Anthropology*, 25 (5), pp. 674.
- WADLEY, L. (2005). "Putting ochre to the test: replication studies of adhesives that may have been used for hafting tools in the Middle Stone Age". *Journal of Human Evolution*, 49 (5), pp. 587-601.
- WATTS, I. (2009). "Red ochre, body painting, and language: interpreting the Blombos ochre", en *The cradle of language*. Oxford University Press. Oxford Linguistics. Londres.
- WILSON, M.L., VAN RIJSEN, W.J. y GERNEKE, D.A. (1990). "An investigation of the Coldstream Stone". *Annals of the South African Museum*, 99 (6), pp. 187-213.
- WRESCHNER, E. (1980). "Red ochre and Human evolution. A case for discussion". *Current Anthropology*, 21 (5), pp. 631-644.
- WRIGHT, A. F. Y LEHMANN, M. S. (1981). *Journal of Solid State Chemistry*, 36. Elsevier.
- YACOBACCIO, H.D., CATÁ, M.P., SOLÁ, P. y ALONSO, M.S. (2008). "Estudio arqueológico de pinturas rupestres en Hornillos 2 (Puna de Jujuy)". *Estudios Atacameños. Arqueología y Antropología Surandinas*, 36, pp. 5-28. Argentina.

X. ANEXOS

1. Plano del entorno de protección de la Cueva de la Fuente del Salín



Fuente: BOE nº97 del 21 de abril de 2004

2. Desarrollo del procesado del ocre experimental a través de la técnica de percusión.

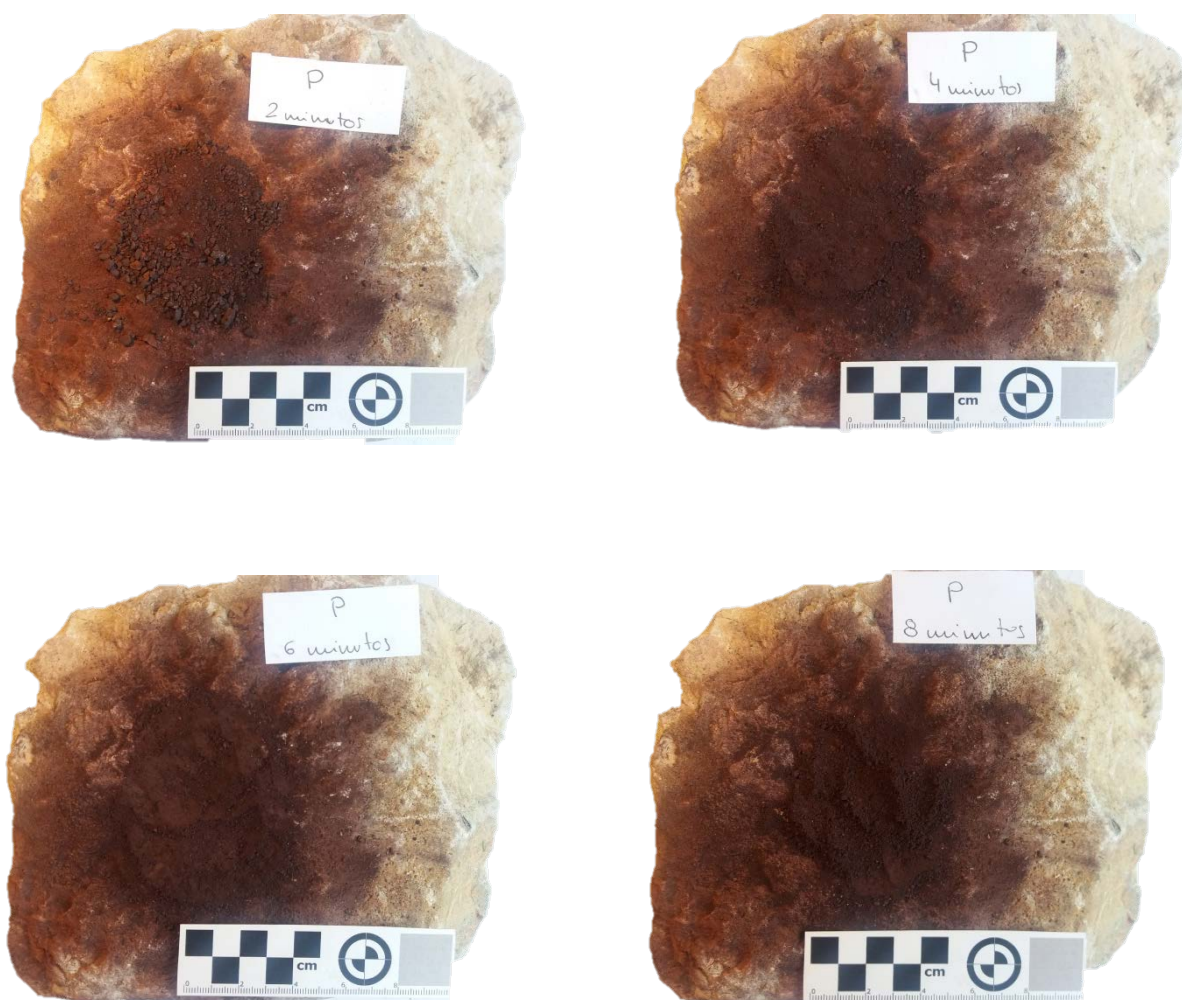


Fig. nº 53. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de percusión.

3. Desarrollo del procesado del ocre experimental a través de la técnica de raspado con lasca de sílex







Fig. nº 54. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de raspado con lasca de sílex.

4. Desarrollo del procesado del ocre experimental a través de la técnica de raspado con lasca de cuarcita



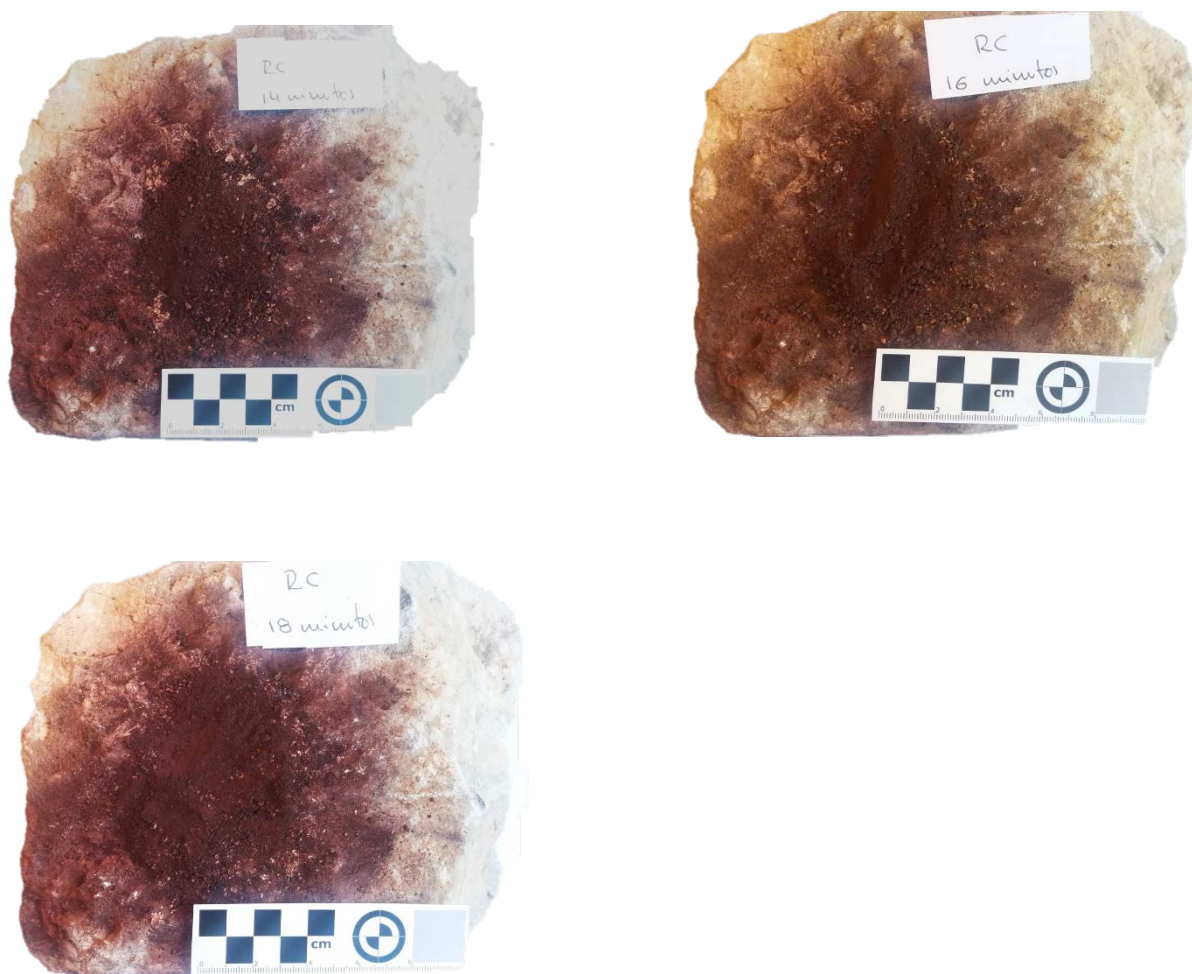


Fig. nº 55. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de raspado con lasca de cuarcita.

5. Desarrollo del procesado del ocre experimental a través de la técnica de raspado con concha de *Patella*





Fig. nº 56. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de raspado con concha de *Patella*.

6. Desarrollo del procesado del ocre experimental a través de la técnica de decantación tras percusión



Fig. nº 57. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de decantado tras percusión.

7. Desarrollo del procesado del ocre experimental a través de la técnica de decantación tras raspado con sílex





Fig. nº 58. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de decantado tras raspado con lasca de sílex.

XI. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº. 1. Dataciones radiocarbónicas del contexto de la Fuente del Salín.	43
Tabla nº 2. Resultados del análisis de granulometría realizado sobre el material procedente de la experimentación analítica.....	73
Tabla nº 3. Tiempo dedicado durante el desarrollo del programa experimental para obtener 10 gr. de ocre mediante las diferentes técnicas de procesado.....	74

XII. ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. nº 1. Esquema general del Proceso Técnico.....	21
Fig. nº 2. Buriles de Noailles (arriba). Hoja de dorso (abajo izq.). Punta de dorso (abajo drch.)	32
Fig. nº 3. Yacimientos con ocupación gravetiense situados en la región cantábrica.....	33
Fig. nº 4. Localización de la cueva de La Fuente del Salín.....	35
Fig. nº 5. Ubicación geográfica, detalle del acceso a la cueva y contexto geológico de La Fuente del Salín	36
Fig. nº 6. Croquis topográfico de la Sala de las Pinturas de la Cueva de la Fuente del Salín, donde se indica la zona de excavación (hasta 2008) y la localización de las pinturas.....	38
Fig. nº 7. Fragmento de bloque calizo con pigmento rojo, localizado bajo las manos en positivo	40
Fig. nº 8. Conjunto de manos en negativo de la Fuente del Salín en la que se aprecia parte del antebrazo	41
Fig. nº 9. Bloque de caliza con restos de colorante en la cara superior, documentado en la intervención arqueológica de 2016. (Cara superior (arriba) y cara lateral (abajo)	46
Fig. nº 10. Fragmento de pared con colorante aplicado en la cara externa, documentado en la intervención arqueológica de 2016. (Cara externa (arriba) y cara lateral (abajo).....	47
Fig. nº 11. Efecto de dispersión Raman	48
Fig. nº 12. Raman T 64000 del departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada de la facultad de Ciencias de la Universidad de Cantabria	50
Fig. nº 13. Entrada a la cueva totalmente inundada a finales de septiembre de 2017	51
Fig. nº 14. Resultados de los análisis magnéticos del ocre experimental de Olmos de Atapuerca.....	53
Fig. nº 15. Fragmento de ocre experimentales antes de ser procesado.....	55

Fig. nº 16. Bloque de caliza empleado para el procesado del ocre en las diversas técnicas	57
Fig. nº 17. Canto de cuarcita empleado para procesar el ocre mediante percusión.....	57
Fig. nº 18. Lasca de sílex empleada para procesar el ocre mediante la técnica de raspado	58
Fig. nº 19. Lasca de cuarcita empleada para procesar el ocre mediante la técnica de raspado	58
Fig. nº 20. Concha de <i>Patella</i> empleada para procesar el ocre mediante la técnica de raspado	59
Fig. nº 21. Gráfico de análisis de espectroscopia Raman sobre diferentes restos de ocre	62
Fig. nº 22. Gráfico de análisis de espectroscopia Raman sobre un fragmento de concha que estaba incrustado en el ocre K6S2N2.....	63
Fig. nº 23. Gráfico de análisis de espectroscopia Raman sobre áreas sin pigmento del bloque de caliza	64
Fig. nº 24. Espectro Raman del análisis a baja frecuencia de la “Zona 2” del bloque de caliza	65
Fig. nº 25. Espectro Raman del análisis a media frecuencia de la “Zona 2” del bloque de caliza	66
Fig. nº 26. Espectro Raman del análisis a media frecuencia de la “Zona 2” del bloque de caliza	66
Fig. nº 27. Espectro Raman del análisis a alta frecuencia de la “Zona 2” del bloque de caliza	67
Fig. nº 28. Visión general de los granos de ocre generados en cada una de las técnicas de la experimentación analítica: a) percusión; b) raspado con lasca de sílex; c) raspado con lasca de cuarcita; d) raspado con concha de <i>Patella</i> ; e) decantado tras percusión; f) decantado tras raspado con lasca de sílex. Fotografías a 10X.....	69
Fig. nº 29. Granos generados con la técnica de percusión. Fotografía a 20X.....	70
Fig. nº 30. Granos generados con la técnica de raspado con lasca de sílex. Fotografía a 20X.....	70
Fig. nº 31. Granos generados con la técnica de raspado con lasca de cuarcita. Fotografía a 20X.....	71
Fig. nº 32. Granos generados con la técnica de raspado con concha de <i>Patella</i> . Fotografía a 20X	71
Fig. nº 33. Granos generados con la técnica de decantado tras percusión. Fotografía a 20X.....	72

Fig. nº 34. Granos generados con la técnica de decantado tras raspado con lasca de sílex. Fotografía a 20X	72
Fig. nº 35. Fragmento de ocre experimental en bruto (izq.) y tabla 2.5YR Munsell de suelos (drch.)	75
Fig. nº 36. Canto de cuarcita después de haber sido utilizado en la técnica de percusión.....	76
Fig. nº 37. Bloque de caliza sobre el que se ha procesado el ocre mediante todas las técnicas	76
Fig. nº 38. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de percusión.....	77
Fig. nº 39. Lasca de sílex tras haber sido utilizada en la técnica de raspado	78
Fig. nº 40. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de raspado con lasca de sílex.....	79
Fig. nº 41. Lasca de cuarcita tras haber sido utilizada en la técnica de raspado	80
Fig. nº 42. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de raspado con lasca de cuarcita.....	81
Fig. nº 43. Concha de <i>Patella</i> tras haber sido utilizada en la técnica de raspado.....	82
Fig. nº 44. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de raspado con concha de <i>Patella</i>	83
Fig. nº 45. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de decantado tras percusión	85
Fig. nº 46. Lasca de sílex tras haber sido utilizada en la técnica de decantación tras raspado	85
Fig. nº 47. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del ocre experimental resultado de la técnica de decantado tras raspado con lasca de sílex	86
Fig. nº 48. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell de los fragmentos de ocre.....	87
Fig. nº 49. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell de los fragmentos de ocre.....	88
Fig. nº 50. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del pigmento localizado sobre el bloque de caliza	89
Fig. nº 51. Análisis de color realizado mediante tabla Munsell del pigmento localizado sobre el fragmento de pared	90
Fig. nº 52. Análisis granulométrico del ocre localizado sobre el bloque de caliza empleado para procesar ocre recuperado durante la intervención arqueológica en la cueva de La Fuente del Salín.....	92

Fig. nº 53. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de percusión.....	118
Fig. nº 54. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de raspado con lasca de sílex.....	121
Fig. nº 55. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de raspado con lasca de cuarcita.....	123
Fig. nº 56. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de raspado con concha de <i>Patella</i>	125
Fig. nº 57. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de decantado tras percusión.....	126
Fig. nº 58. Evolución del ocre y del bloque empleado como metate cada 2 minutos durante la técnica de decantado tras raspado con lasca de sílex.....	128